FERITOVÉ MATERIÁLY

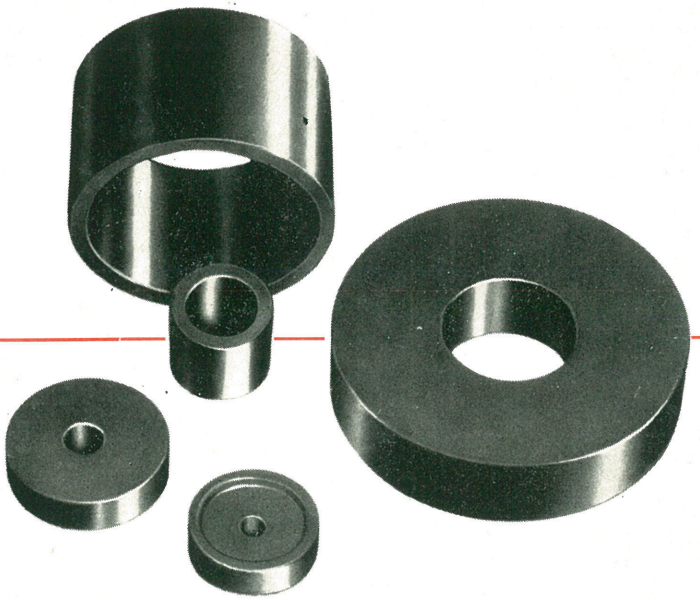
ducox

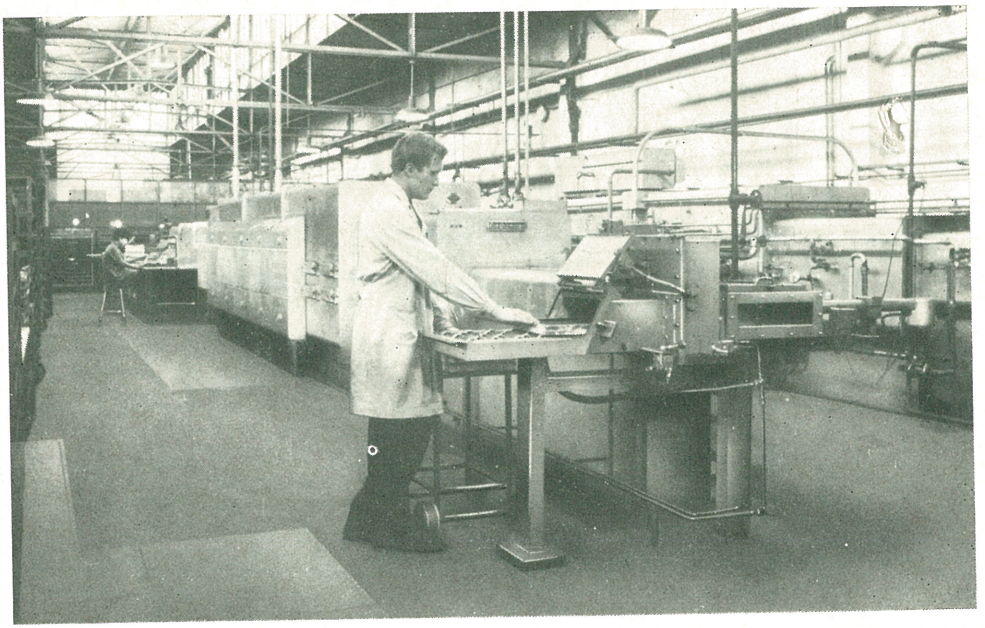
Pramet

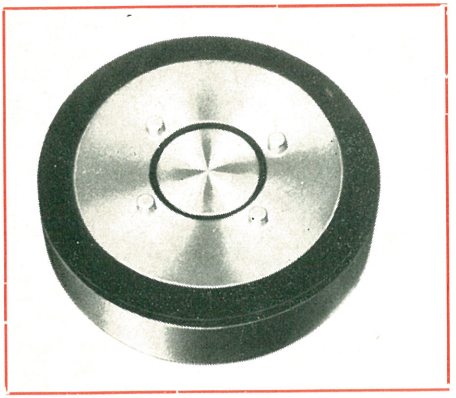
ZÁVODY PRÁŠKOVÉ METALURGIE · ŠUMPERK

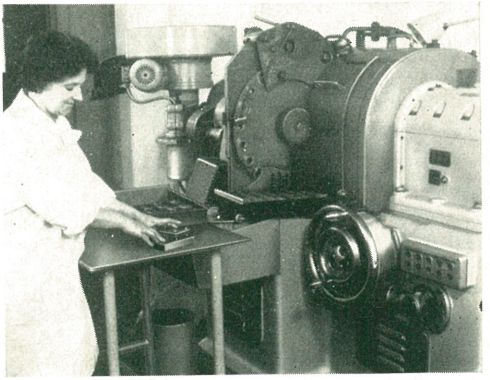
FERITOVÉ MATERIÁLY

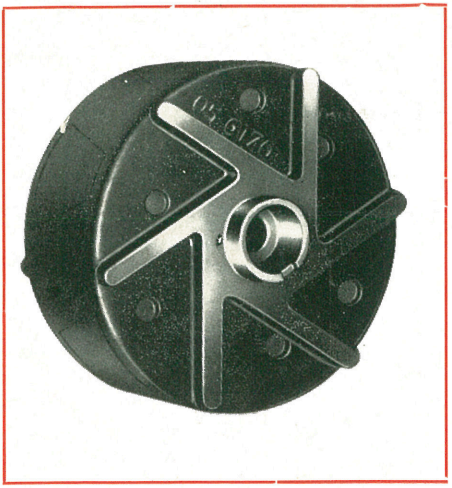
ducox









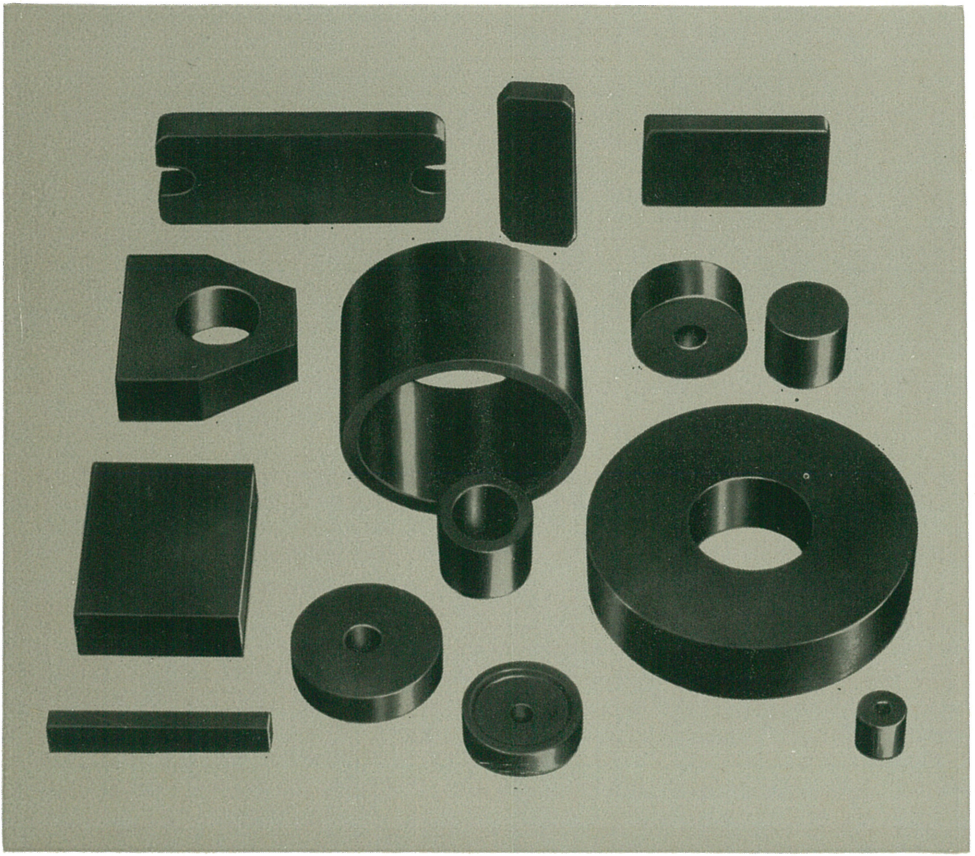


FERITOVÉ MATERIÁLY

OBSAH:

		Strana
	Předmluva	5
1.	Úvod do magnetismu	6
1.1.	Magnetizační charakteristiky	6
1.2.	Magneticky tvrdé materiály	8
1.3.	Vratná hystereze a reverzibilní permeabilita	9
1.4.	Vliv teploty na magnetické vlastnosti	11
2.	Feritové materiály DUROX	11
2.1.	Vlastnosti materiálů DUROX	15
2.2.	Demagnetizační křivky	15
2.3.	Teplotní závislosti	17
2.4.	Magnetování výrobků	18
2.4.1.	Magnetizační jho	21
2.4.2.	Pulzní magnetování	23
2.5.	Demagnetování výrobků	25
3.	Návrh magnetického obvodu	25
3.1.	Pólové nástavce, kovové části obvodů	26
3.2.	Spojování materiálů a částí obvodů	26
3.3.	Broušení feritových magnetů	27
3.4.	Magnetický obvod	28
3.4.1.	Výpočet magnetického obvodu	28
3.5.	Návrh magnetického držáku	29
3.6.	Srovnávací tabulka používaných jednotek	30
3.7.	Praktické využití feritových magnetů	30
3.7.1.	Aplikace permanentních magnetů	32
4.	Technické dodací předpisy	35
4.1.	Kontrola výrobků	35
4.2.	Expedice výrobků	36
4.3.	Odolnost výrobků vůči prostředí	36
5.	Údaje pro objednávku	36
5.1.	Požadavek na vývoj nové tvarové aplikace	37
6.	Úchylky rozměrů feritových výrobků	37
	Katalog výrobků	39

MeO. Fe2O3



Bouřlivý rozvoj elektrotechnického průmyslu po druhé světové válce si vyžádal vývoj nových materiálů a součástek. Významným přínosem progresivního směru byl vývoj nových feromagnetických materiálů souhrnně nazývaných FERITY. Jsou to chemické sloučeniny kovů s výraznými magnetickými vlastnostmi. Podle elementárních magnetovacích a přemagnetovacích procesů rozlišujeme materiály na magneticky měkké a magneticky tvrdé (trvalé magnety).

Mezi první technicky použitelné magnety patřily martenzitické oceli s obsahem uhlíku kolem 1 %, později doplňované pro zvýšení koercitivní síly přísadami wolframu, chromu a kobaltu. Rostoucí spotřeba magneticky tvrdých materiálů byla do roku 1957 kryta převážně materiály kovovými, typu AlNi a AlNiCo. Značné požadavky na deficitní suroviny (Co, Ni) si vynutily rychlý rozvoj feritových materiálů, které jsou vyráběny z běžně dostupných surovin. S postupem času tyto částečně nahradily kovové magnetické materiály a zejména vhodně je doplnily. Obecný vzorec pro magneticky tvrdé ferity je $MeO.Fe_2O_3$, kde Me představuje dvojmocné prvky Ba, Sr nebo Pb. Charakter výroby je příbuzný keramice a práškové metalurgii.

Ačkoliv tvrdé ferity jsou známé již od roku 1925, byly průmyslově vyrobeny až po druhé světové válce holandskou firmou PHILIPS. V ČSSR byla zavedena jejich výroba v n. p. Pramet Světlá Hora v roce 1957 pod obchodním názvem DUROX.

Předkládaný katalog má především dát ucelený přehled o výrobním sortimentu tvarových aplikací z vyráběných materiálů a o jejich elektromagnetických vlastnostech. Má-li však výrobek ekonomicky sloužit s využitím maximální energie, nestačí jen použít energeticky nejvýhodnějšího feritu. Je nutno vhodně navrhnout magnetický obvod a dbát na zásady správného použití. Jsme si vědomi, že této problematice se všeobecně věnuje velmi málo pozornosti. K tomuto účelu má alespoň orientačně posloužit úvodní část publikace.

1/

ÚVOD DO MAGNETISMU

Pravé a plné pochopení magnetických jevů muselo počkat na vývoj atomové teorie a kvantové mechaniky. Teprve na jejich podkladě bylo objasněno magnetické chování látek vlivem magnetických momentů jednotlivých atomů. Pohybem elektronů na oběžné dráze okolo jádra atomu vzniká tzv. oběhový magnetický moment a z rotace elektronů kolem vlastní osy tzv. spinový moment. Ve většině případů můžeme oběhové momenty zanedbat, protože podstatně neovlivní chování tuhých magnetických materiálů. Tyto momenty působí vzájemně s krystalovým polem tak, že výsledný efekt je roven nule. Přesto však oběžný pohyb elektronů způsobuje jeden typ magnetického chování - diamagnetismus. Tento efekt je spojen se změnou oběžného pohybu, způsobenou vnějším magnetickým polem, jež snižuje sílu vlastního pole uvnitř materiálu. Tato skutečnost je výrazně potlačena existencí jiných momentů. Magnetické jevy jsou ovlivňovány takovým množstvím faktorů, že je velmi obtížné jednoznačně určit příčinné souvislosti. Podle výsledného chování atomů vůči svému okolí rozdělujeme látky na diamagnetické, paramagnetické a feromagnetické.

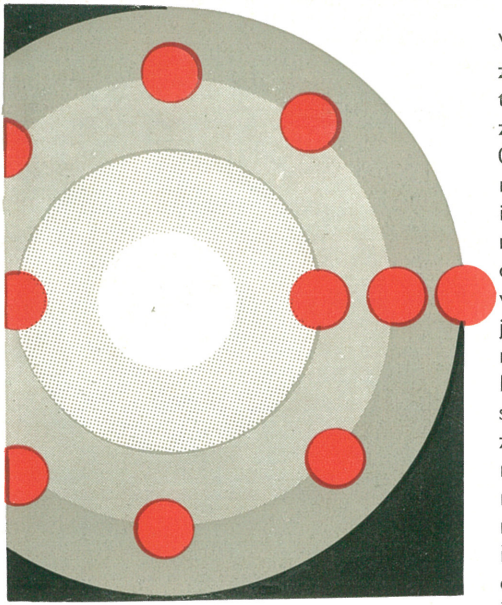
Diamagnetismus se projevuje u látek s vykompenzovanými oběžnými či spinovými momenty. Magnetická indukce těchto materiálů je menší než v prázdnu a tedy i susceptibilita je záporná.

Paramagnetismus vykazují látky s vlastním atomárním nebo molekulárním magnetickým momentem. Tyto momenty jsou při nulovém vnějším poli v důsledku tepelných kmitů rozloženy všemi možnými směry a látka se navenek jeví jako nemagnetická. Působením vnějšího pole se jednotlivé momenty začnou natáčet ve směru pole, takže se u látky navenek jeví slabý magnetismus, indukce paramagnetických materiálů je větší než v prázdnu. Susceptibilita je kladná.

Feromagnetismus je vlastnost látek, které nemají vykompenzované spinové momenty. Jejich paralelní uspořádání zaručuje velký výsledný magnetický moment na jednotku objemu. V nezmagnetovaném stavu jsou momenty jednotlivých oblastí (domén) orientovány nepravidelně, v důsledku čehož se látka jeví navenek jako nemagnetická. Jednotlivé domény jsou navzájem odděleny bariérami. Působením vnějšího magnetického pole dochází k rozšiřování těch oblastí, jejichž moment ve směru působení pole je největší. Tento pochod je vratný. Dosáhne-li intenzita vnějšího pole kritické hodnoty, vytvoří se skokem velká magnetická oblast a celý krystal pak tvoří jedinou doménu, jejíž směr magnetizace je shodný se směrem původní domény. Popsaný pochod je již nevratný. Při dalším zvětšování intenzity vnějšího pole se vektory magnetizace doménových oblastí natáčejí stále více až konečně s tímto polem splynou. Nastává stav nasycení, kdy si těleso již podrží trvalý magnetický moment. Existence os přednostní magnetizace (magnetokrystalická anizotropie) zabraňuje znovuvytváření domén poté, co magneticky tvrdé materiály byly nasyceny. Nutno zdůraznit, že se vyskytují ještě další anizotropie vnějšího původu, jež vytvářejí další možnosti pro změnu chování magnetu: napěťová anizotropie - výsledek mechanických napětí v krystalu, tvarová anizotropie - vyplývá z tvaru krystalu. Susceptibilita těchto látek dosahuje poměrně velkých kladných hodnot.

1.1 Magnetizační charakteristiky

Magnetické vlastnosti feromagnetických látek jsou zpravidla definovány magnetizační křivkou a hysterezní smyčkou, tj. znázorněním závislosti $B = f(H)$. Obě charakteristiky jsou znázorněny na obr. 1.



Vložíme-li feromagnetický materiál v nezmagnetovaném nebo dokonale demagnetovaném stavu do prostoru, v němž plynule zvyšujeme intenzitu magnetického pole od 0 do $+H_{max}$, narůstá indukce B daného materiálu až do hodnoty $+B_{max}$. Jakmile intenzita dosáhne hodnoty H_{max}, je materiál magneticky nasycen (bod A), takže další zvyšování intenzity nemá již podstatný vliv na změnu indukce B. Jelikož tento stav je nevratný, snižováním H od H_{max} do 0 nedojde k zániku B podle magnetizační křivky, ale indukce se sníží po hysterezní smyčce z hodnoty B_{max} do bodu B. Po zániku magnetizačního pole ($H = 0$) zjistíme, že materiál se stal vůči svému okolí magnetickým a zachoval si zbytkovou, neboli remanentní indukčnost B_r. Vytvořením magnetického pole v opačném smyslu dojde k dalšímu snižování indukce B tak, že při intenzitě H_c je indukce nulová ($B = 0$) → bod C. Intenzitu H_c nazýváme koercitivní silou a udává nám míru energie, potřebné na demagnetování daného feromagnetického materiálu. Dalším zvyšováním pole až do intenzity $-H_{max}$ narůstá B z 0 do $-B_{max}$ → bod D. Mění-li se plynule H v intervalu $-H_{max} + H_{max}$, dochází rovněž i k plynulé změně indukce po hysterezní smyčce, která po ukončení cyklu je plně uzavřená.

Rozdíl mezi magnetickou indukcí feromagnetické látky B a indukcí vakua B_o tvoří magnetizaci J, pro niž platí:

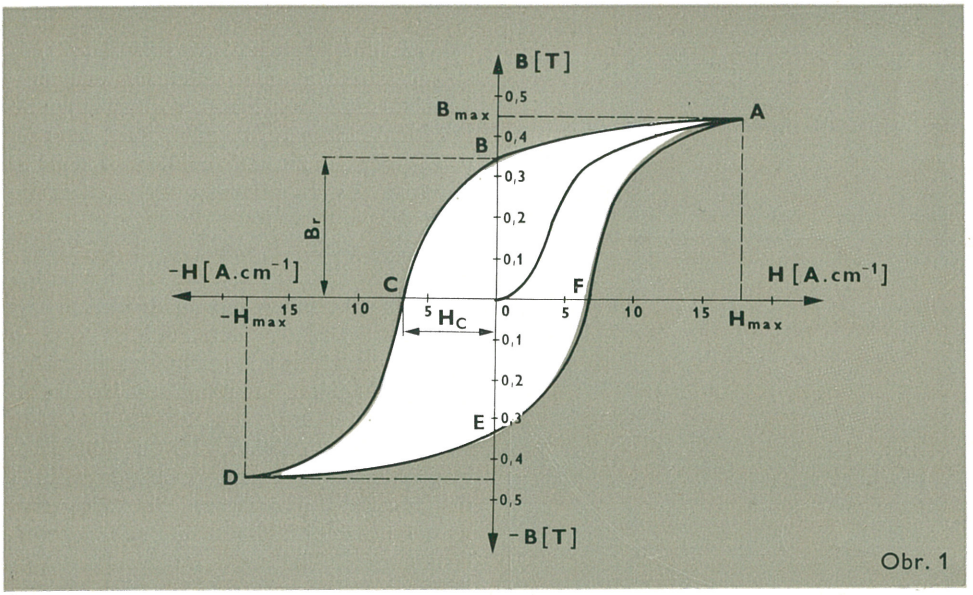
$$J = B - B_o = B - \mu_o H$$

poměr $\varkappa = \frac{J}{B}$ se nazývá susceptibilita.

Tvar hysterezní křivky určuje charakteristické vlastnosti materiálu. Plocha smyčky je úměrná hysterezním ztrátám a udává množství energie spotřebované během přemagnetizačního cyklu na pohyb doménových bariér.

Feromagnetické látky rozdělujeme podle tvaru hysterezní smyčky do dvou skupin:

1. magneticky měkké s úzkou hysterezní



Obr. 1

smyčkou (malé ztráty), pracují v I. kvadrantu křivky, vyznačují se malou koercitivní silou $H_c < 0{,}8$ A.cm^{-1}.

2. magneticky tvrdé se širokou hysterezní smyčkou, využívající II. kvadrantu křivky. Jejich koercitivní síla H_c je značně vyšší a dosahuje hodnoty až několika set A.cm^{-1}.

Společnou vlastností obou skupin je vysoký energetický odpor, který zmenšuje vířivé proudy a tedy i snižuje ztráty vířivými proudy.

1.2 Magneticky tvrdé materiály

Pro posouzení vlastností magneticky tvrdých materiálů je rozhodující průběh II. kvadrantu hysterezní smyčky, hodnoty remanence čili zbytkového magnetismu B_r, koercitivní síly H_c a maximálního energetického součinu BH_{max}.
Skutečná remanence B_r odpovídá magnetické indukci, kterou si podrží magnet tvaru toroidu nebo nekonečně dlouhé tyče po zaniknutí vnějšího magnetického pole. Remanence zdánlivá B_z odpovídá určitému tvaru magnetu. S rostoucí délkou vzrůstá (bod se posouvá po demagnetizační křivce směrem k B_r). Pro názornost je na obr. 2 uvedena grafická závislost zdánlivé remanence B_z na rozměrech tyčového magnetu s kruhovým průřezem. Demagnetizační křivka odpovídá skutečné remanenci $B_r =$ = 0,35 T, tyčový magnet s poměrem délky a průměru d

$$p = \frac{l}{d} = 0{,}5$$

má hodnotu zdánlivé remanence $B_z =$ = 0,203 T. Pro:

$$p = \frac{l}{d} = 1$$

je hodnota $B_z = 0{,}265$ T. Zdánlivá remanence se určí ze souřadnic bodu na demagnetizační křivce v místě průsečíku přímky, svírající s osou B úhel, pro který platí vztah

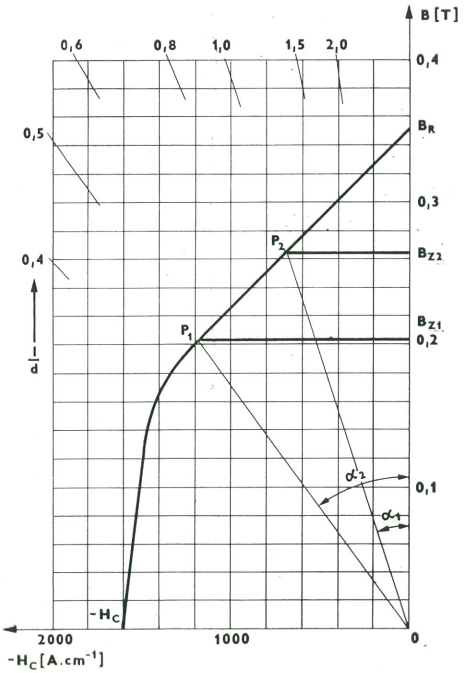
$$\operatorname{tg} \alpha = K_d$$

K_d je demagnetizační činitel, který je ve funkci permeability, tvaru a rozměru magnetu.

Koercitivní síla H_c udává míru energie, potřebné na zrušení zbytkového magnetismu B_r.

Pro praktické využití magnetu je důležitý údaj energetického (jakostního) součinu BH_{max}. Tato hodnota je rovna ploše největšího vepsaného obdélníku vepsaného do magnetizační křivky. Součin BH_{max} bude tím větší, čím bude demagnetizační křivka vypuklejší (anizotropní ferit). Při zjišťování jakostního součinu daného materiálu vycházíme tedy z demagnetizační křivky a hledáme bod dotyku s některou hyperbolou ze soustavy energetických křivek - obr. 3.

Demagnetizační křivka se dotýká energetické křivky 22,4 kJm^{-3}, takže maximální energetický součin $BH_{max} = 22,4$ kJm^{-3}. Magnet, který bude pracovat v bodě dotyku, bude mít největší měrnou energii a současně nejmenší rozměry (maximální využití materiálu), avšak pracovní bod je třeba volit s ohledem na použití. Z hlediska stability obvodu má býti pracovní bod v oblasti nad bodem BH_{max}.

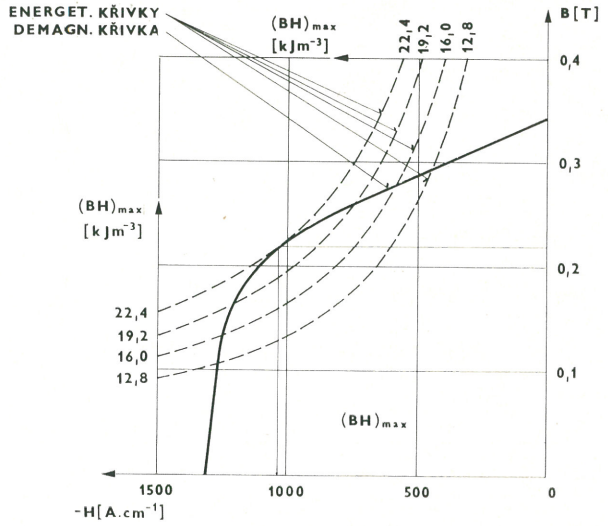


Obr. 2

1.3 Vratná hystereze a reverzibilní permeabilita

Křivka vratné hystereze a reverzibilní (vratné) permeability se odvozuje z II. kvadrantu hysterezní smyčky a udává, jak se mění indukce v důsledku otevírání a uzavírání magnetického obvodu, nebo jaký vliv má na magnet cizí demagnetizační pole. Jestliže zdánlivá remanence B_z a intenzita H_z náležejí určitému bodu hysterezní smyčky, dojde po sestavení magnetického obvodu ke změně indukce. Při úplném uzavření magnetického obvodu se však indukce nevrátí zpět po hysterezní smyčce do bodu B_z, nýbrž po křivce vratné hystereze do bodu B_z'. Sklon této vratné křivky je dán tzv. vratnou permeabilitou, pro niž platí:

$$\mu_{rev} = \lim \Delta H \to 0 \; \frac{1}{\mu_o} \frac{\Delta B}{\Delta H} = \frac{1}{\mu_o} \frac{d\,B}{d\,H}$$



Obr. 3

kde μ_o je permeabilita vakua, ΔB je přírůstek indukce v důsledku změny intenzity o ΔH vztažené k bodu zdánlivé remanence B_z.

Podle obr. 4 bod A $\equiv$ (B_A, —H_A) nepřejde tedy do bodu $B_r \equiv (B_r, 0)$, ale po křivce vratné hystereze do bodu C $\equiv$ (B_c, 0). Obecně platí vztah:

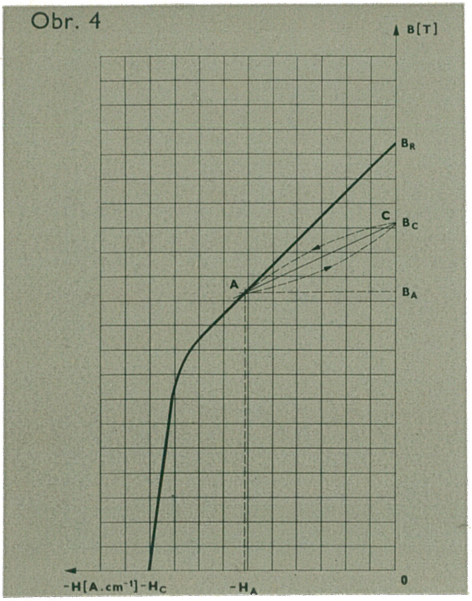
$$B_c < B_r$$

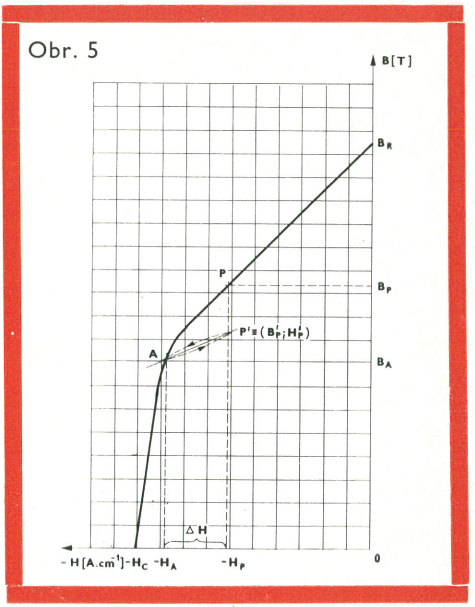
Obr. 5 znázorňuje křivku II. kvadrantu hysterezní smyčky zvoleného anizotropního magnetu, který bude pracovat v bodě P $\equiv$ (B_p, —H_p). Nastane-li částečná demagnetizace výrobku například vlivem cizího rušivého magnetického pole o intenzitě ΔH, posune se bod P po demagnetizační křivce do bodu A $\equiv$ (B_A, — H_A). Se zánikem rušivého pole se intenzita magnetu vrátí do bodu (—H_p), avšak indukce se posune po křivce vratné hystereze pouze do bodu P', jehož remanentní indukce je menší, než v bodu P. Toto zeslabení indukce je tím větší, čím více má hysterezní smyčka pravoúhlý tvar nebo posouvá-li rušivé pole pracovní bod pod koleno demagnetizační křivky směrem k ose H. Naopak zeslabení je minimální, je-li průběh demagnetizační křivky v pracovním rozsahu magnetu přímkový. Při takovýchto demagnetizačních zásazích jsme často nuceni volit pracovní bod v přímkové části křivky nad bodem $(BH)_{max}$ o menší intenzitě pole.

Jestliže vystavíme magnet několikrát za sebou těmto zeslabovacím účinkům, nevratné změny se odstraní. To znamená, že při opětném působení demagnetizačního pole o hodnotě $\leq \Delta$H se pracovní bod již posouvá po křivce vratné hystereze ve směrech vyznačených šipkami. Sklon vratné křivky je dán reverzibilní permeabilitou μ_{rev}.

Trvalé magnety nebo jejich systémy se takto stabilizovaly.

S odstraněním nevratných změn nebo jejich existencí nutno uvažovat u obvodů s dynamickou pracovní charakteristikou (proměnná vzduchová mezera) s požadavkem odolnosti proti vnějším magnetickým vlivům, či vyšší stability.





1.4 Vliv teploty na magnetické vlastnosti

Předkládané magnetizační charakteristiky i tabulkové údaje jednotlivých druhů materiálů jsou definovány zpravidla při okolní teplotě (20 °C). Se změnami teploty dochází současně ke změnám charakteristických hodnot - remanence B_r, koercitivní síly H_c a tedy i průběhu demagnetizační křivky. Opět je třeba rozlišit vratné a nevratné změny magnetických vlastností. Výrazné změny nastávají zejména u anizotropních feritů. Se snižující se teplotou dochází ke zvyšování remanence vlivem narůstající sytící magnetizace. Koercitivní síla se naproti tomu zmenšuje. Důsledkem toho je, že magnet, pracující při teplotě +20 °C v bodě $(BH)_{max} \equiv A_{max}$ posunul svůj pracovní bod již při teplotě —20 °C pod koleno demagnetizační křivky směrem k ose H (bod C). S tímto faktem je vždy spojena silná nevratnost děje - viz obr. 6.

V principu existuje nevratnost u všech feritových magnetů. Avšak u anizotropních magnetů je téměř bezvýznamná a prakticky zjistitelná teprve za podstatně nižších teplot (pod —100 °C).

Podmínkou technického využití magnetických materiálů je, aby si jednoznačně zachovaly své vnitřní magnetické uspořádání při pokojové teplotě. Se zvyšováním teploty dochází ke zvětšování tepelných pohybů iontů. Jestliže je tento pohyb dostatečně silný, může rušit magnetické uspořádání materiálu a tím se materiál stane paramagnetickým. Teplota, při které tento jev nastane, je nazývána Curieovou teplotou (Θ_c). Curieova teplota současně dává měřítko výměnných sil, které vytvářejí spontánní uspořádání.

Teplotní závislosti feritových materiálů DUROX jsou rozvedeny v kap. 2.3.

2/ FERITOVÉ MATERIÁLY DUROX

Feritové materiály DUROX jsou vyráběny cestou práškové metalurgie z kysličníků kovů. Nejrozšířenější je výroba barnatého feritu o složení $BaO.nFe_2O_3$ a v posledních letech nově zavedená výroba strontnatého feritu s molárním poměrem $SrO.nFe_2O_3$, kde hodnota $n \leq 6$. Oba druhy feritu mají

krystalickou strukturu hexagonální s přednostním směrem magnetizace. Vhodným využitím tvarové anizotropie lze získat magnety s energetickým součinem $(BH)_{max}$ 32 kJm^{-3}.

Feritový materiál se skládá ze zrn, jejichž velikost je závislá na výchozích surovinách a jejich technologickém zpracování. Pro dosažení vysoké koercitivní síly H_c a nejvyššího energetického součinu $(BH)_{max}$ je důležitým předpokladem, aby zrna polykrystalického feritu nepřesahovala velikost kritického rozměru jednodoménové oblasti. Průměrná velikost zrna se pohybuje okolo 1,5 μm.

Ferit na bázi stroncia má vyšší energii a nižší hustotu magnetického toku než ferit na bázi baria. Jejich magnetické vlastnosti při daném chemickém složení jsou určeny třemi faktory:

1. stupněm orientace krystalů (krystalovou anizotropií),
2. objemovou hmotností
3. tvarem a velikostí krystalů.

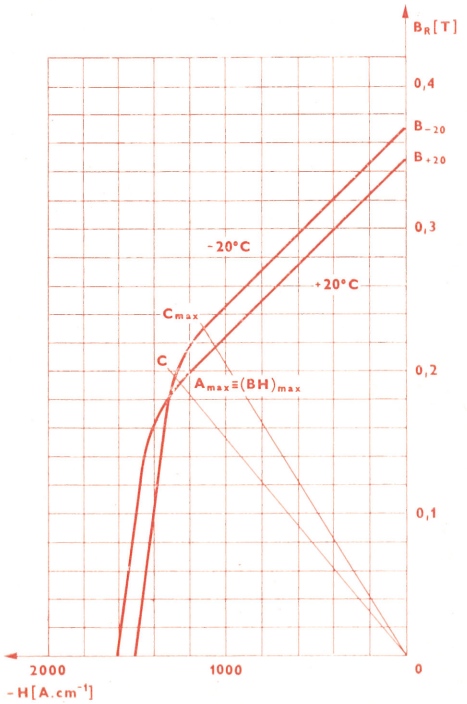
Základní suroviny o předepsaném složení se vzájemně smíchají a takto získaná hmota se kalcinuje v tunelových pecích. Vlivem zahřátí směsi dochází k chemickým reakcím, jejichž výsledným efektem je vznik feritové struktury směsi. Z toho důvodu je proces kalcinace nazýván feritizací. Rozmělněním kalcinátu a vzájemným oddělením jednotlivých zrn dostaneme materiál, vhodný pro konečné tvarování.

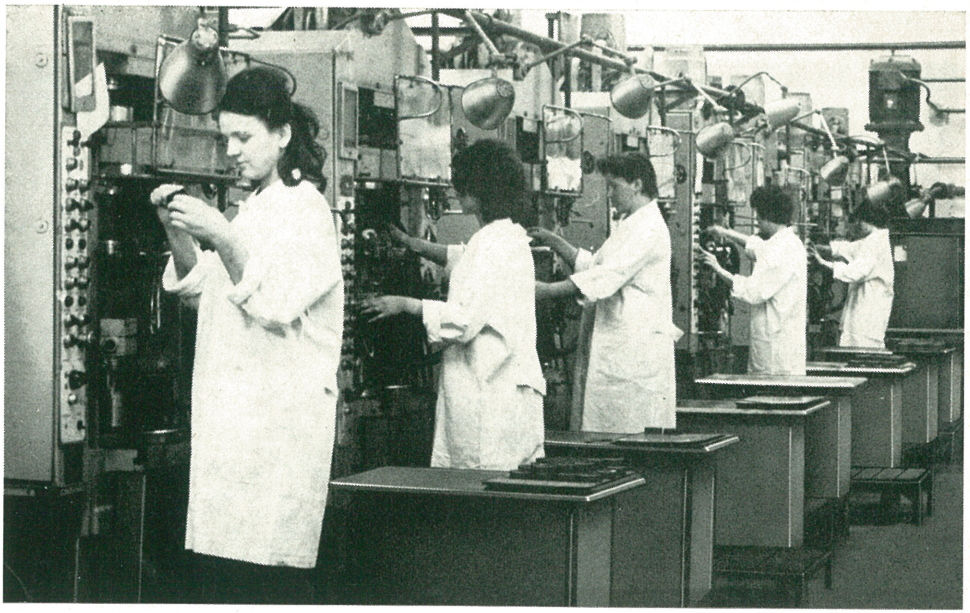
Konečné tvarování je prováděno na hydraulických, mechanických či průtlačných lisech.

Lisováním v magnetickém poli se získává anizotropní (orientovaný) ferit s výraznou osou přednostní magnetizace. Lisováním bez využití magnetického pole pak izotropní (neorientovaný) ferit. Protože anizotropie je tvarovou záležitostí, dochází působením mechanických sil při operaci lisování rovněž k vytvoření přednostní osy, která je oproti orientovanému feritu zanedbatelná. Přesto je nutno s ní uvažovat při srovnání magnetických vlastností výrobků. Výpalem (slinováním výlisku dostávají vý-

durox

Obr. 6





robky konečnou podobu, typickou pro feritové materiály. Mají keramický charakter, jsou křehké a porézní se sklonem k vytvoření trhlinek.
Slinováním dochází k rozměrovému smršťování výlisků o 13 až 30 %, což je příčinou poměrně široké rozměrové tolerance výrobků. Vyžaduje-li se větší přesnost rozměrů, nutno výrobky brousit. Smrštění výlisků má přímý vliv na hustotu a tedy i magnetické vlastnosti výrobků.
N. p. Pramet má ve svém výrobním programu 6 typů materiálů DUROX pro magneticky tvrdé ferity:

D 40 feritový materiál s bakelitovým pojivem. Je určen pro speciální výrobky, které vyžadují malé rozměrové tolerance i za cenu nižších magnetických hodnot. Tento materiál není perspektivní a v nových konstrukcích je nahrazován materiálem D 80.

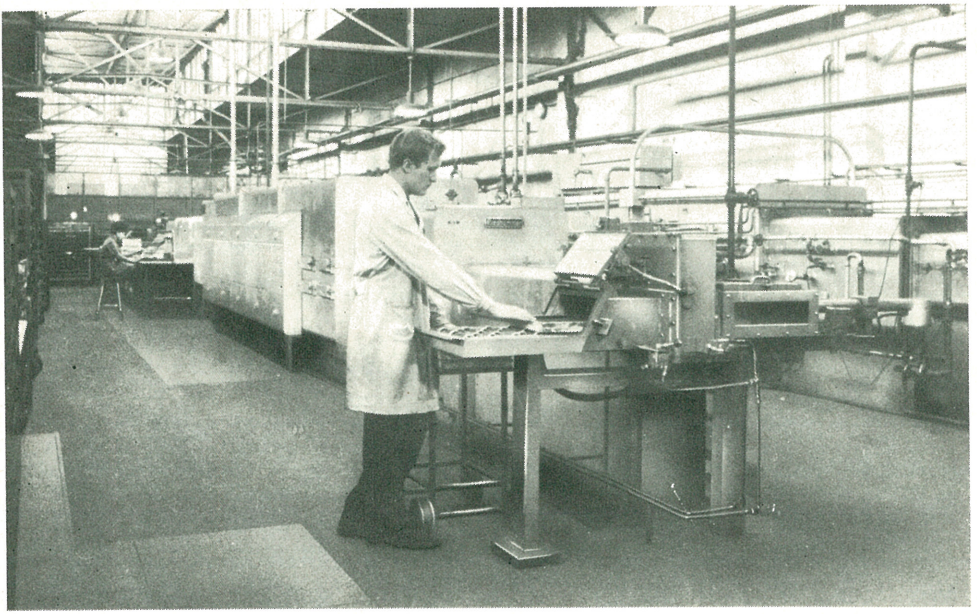
D 80 nejvíce užívaný typ izotropního feritu. Z tohoto materiálu jsou vyráběny válcové tvary, mezikruží, hranoly i speciální tvary výrobků. Perspektivní materiál pro magnetické obvody využívající energie izotropních feritů. Zmagnetování lze provádět v libovolném směru.

D 100 materiál vyvinutý pro speciální aplikace, vyráběný v omezeném množství. Používat pouze po projednání s výrobcem! Zmagnetování lze provádět v libovolném směru.

D 280 nejrozšířenější typ anizotropního feritu. Výrobky s přednostní osou magnetizace zpravidla broušené na funkčních plochách. Výrobky nutno zmagnetovat v ose orientace.

D 330 nový typ anizotropního feritu s velkou zbytkovou remanencí i koercitivní silou, navazující na materiál D 280. Výrobky s přednostní osou magnetizace zpravidla broušené na funkčních plochách. Magnetování prováděno pouze v ose orientace. Z materiálu D 280 a D 330 lze zhotovovat výrobky ve tvaru válců, mezikruží a výjimečně i hranolů.

D 300 vývojový typ materiálu s velkou



koercitivní silou H_c. Je určen pro obvody s dynamickou prac. charakteristikou, s požadovanou vyšší stabilitou nebo odolností proti vnějším magnetickým polím. Výrobky nutno zmagnetovat v ose orientace. Sériová výroba tohoto materiálu bude zavedena v roce 1975.

Použití jednotlivých druhů materiálů

D 40 statorky menších stejnosměrných motorů.

D 80 rotorky a statorky dynam a asyn-
D 100 chronních motorků, statorky stejnosměrných motorků, korekční magnety k vyrovnání geometrického zkreslení televizních obrazovek, magnety relé a měřicích přístrojů, magnetické spojky, zátky a sklapky, přídržné systémy, magnetické filtry, magnety pro veterinární ochranu, informační a plánovací tabule, magnety pro miniaturní elektroakustické měniče, apod.

D 280
D 330 magnety pro elektroakustické měniče (reproduktorové systémy), upínací zařízení, uzávěry s velkou přídržnou silou, separátory kovových nečistot, magnetické dopravníky apod.

D 300 rotory dynam s vyjádřenými póly, magnetické spojky, separátory kovových nečistot, upínací zařízení, magnetická sklíčidla apod.

2.1 Vlastnosti materiálů DUROX

Přehled o základních vlastnostech jednotlivých typů materiálů udává tab. I.

Poznámky k tabulce I.:

1. feritový materiál s bakelitovým pojivem
2. materiál pro speciální použití s omezenou výrobou
3. předběžné hodnoty nově vyvíjeného typu materiálu

Uvedené hodnoty remanentní indukce B_r, koercitivní síly H_c a maximálního energetického součinu $(BH)_{max}$ se vztahují na předepsaný měrný váleček, jehož magnetické vlastnosti jsou snímány v ose lisování (osa výrobku).

Hodnota maximálního energetického součinu $(BH)_{max}$ je závislá na geometrickém tvaru a rozměrech výrobku. Vliv stárnutí je u těchto feritových materiálů prakticky zanedbatelný.

Značnou výhodou je jejich velký elektrický odpor, který zmenšuje vířivé proudy a tedy snižuje ztráty. Proto lze feritové magnety použít v obvodech střídavých proudů, např. k přemagnetování měřicích transformátorů, tlumivek, transduktorů apod.

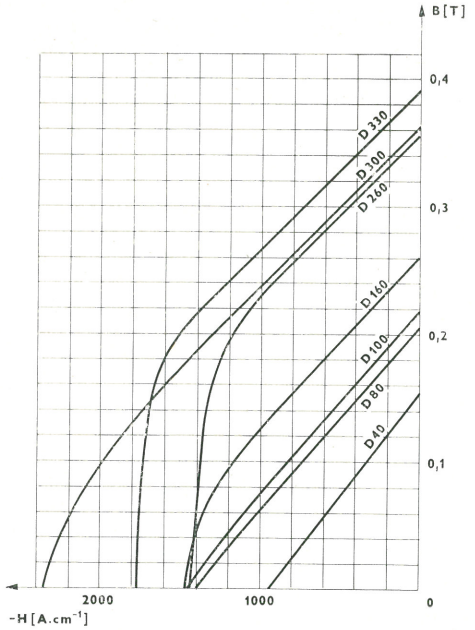
2.2 Demagnetizační křivky

Charakteristické průběhy II. kvadrantu hysterezní smyčky pro všechny typy vyráběných materiálů jsou zobrazeny na obr. 7. Pro snazší posouzení hodnoty maximálního energetického součinu poslouží soustava hyperbol, vyjadřující hladinové křivky $(BH)_{max}$ viz obr. 8.

Tab. I.

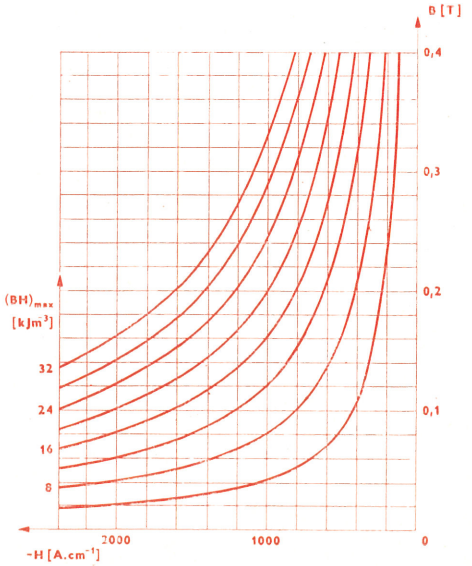
VLASTNOSTI FERITOVÝCH MATERIÁLŮ

Veličina	Značka	Jednotka		Izotropní			Anizotropní		
				D 40	D 80	D 100	D 280	D 300	D 330
Maximální energetický součin	$(BH)_{max}$	(MGOe)	min.	0,40	0,80	0,95	2,80	3,00	3,30
		kJm^{-3}	min.	3,20	6,40	7,60	22,40	24,00	26,40
Remanentní indukce	B_r	(G)	min.	1 500	1 900	2 000	3 500	3 500	3 700
		T	min.	0,15	0,19	0,20	0,35	0,35	0,37
Koercitivní síla	H_c	(Oe)	min.	1 100	1 500	1 700	1 600	2 800	2 000
		$A.cm^{-1}$	min.	880	1 200	1 360	1 280	2 200	1 600
Pracovní bod	B_p	(G)		900	1 000	1 050	2 400	2 000	2 400
		T		0,09	0,10	0,105	0,24	0,20	0,24
	H_p	(Oe)		600	900	1 000	1 100	1 500	1 400
		$A.cm^{-1}$		480	720	800	880	1 200	1 120
Intenzita pole nutného k zmagnetování	H_m	(Oe)		6 500	8 000	10 000	12 000	12 000	12 000
		$A.cm^{-1}$		5 200	6 400	8 000	9 600	9 600	9 600
Vratná permeabilita	μ_{rev}	—		$\approx 1,1$	$\approx 1,2$	$\approx 1,15$	$\approx 1,2$	$\approx 1,1$	$\approx 1,1$
Curieho bod, teplota	Θ_c	°C	cca	+450	+450	+450	+450	+450	+450
Teplotní součinitel remanentní indukce	TK_{Br}	$\%.K^{-1}$		−0,2	−0,2	−0,16	−0,2	−0,15	−0,15
Měrný elektrický odpor	ϱ	$\Omega.cm$		$\approx 10^8$	$\approx 10^8$	$\approx 10^5$	$\approx 10^5$	$\approx 10^5$	$\approx 10^5$
Měrná hmotnost	γ	$g.cm^{-3}$		4,0	4,6	4,6	5,0	4,7	4,8
Měrný váleček (normál)	∅ × v	mm		22×10	22×10	22×10	27×10	27×10	27×10



Obr. 7

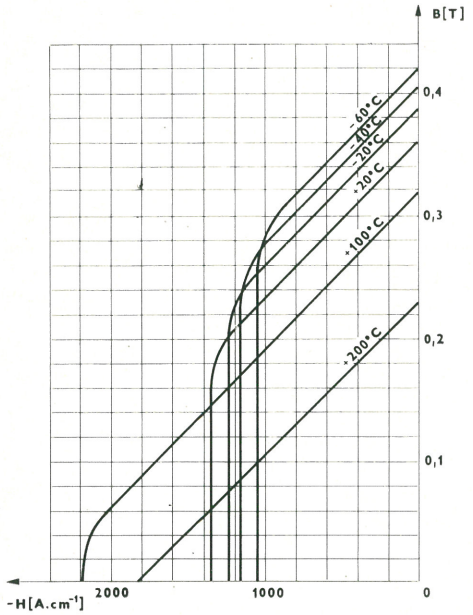
Obr. 8



2.3 Teplotní závislosti

Uvažujeme-li s použitím feritových magnetů v prostředí s kolísající teplotou v širokých mezích, je nutno brát zřetel na změny magnetických hodnot. Informativní přehled o změnách demagnetizační křivky vlivem teplotních změn uvádí obr. 9. Na první pohled je patrné odchylování obou základních parametrů - remanentní indukce B_r i koercitivní síly H_c. Teplotní koeficient remanentní indukce B_r je záporný, jeho hodnota je přibližně —0,2 % K^{-1}. Bližší údaje v tab. I.

Z toho vyplývá, že se zvyšující se teplotou dochází ke snižování hodnoty B_r. Oproti tomu koeficient koercitivní síly H_c dosahuje kladných hodnot okolo +0,3 % K^{-1}. Koercitivní síla se zvyšující se teplotou až po určitou mez narůstá, pak nastává prudký pokles. I když je teplotní závislost feritových materiálů značná, je výhodou, že při vhodně voleném magnetickém obvodu jsou změny indukce prakticky vratné v rozmezí od —60 °C do +300 °C. Značná závislost magnetických parametrů na teplotě brání využití těchto materiálů v přesných měřicích přístrojích, protože doposud není známá vhodná teplotní kompenzace, i když velká koercitivní síla zaručuje časovou stálost. Při vyšších teplotách, řádově okolo +400 °C, je úbytek magnetických hodnot již nesrovnatelně větší. Kritický bod nastává při ohřátí na teplotu Curieova bodu, tj. cca +450 °C. V tomto okamžiku materiály DUROX přecházejí do paramagnetického stavu. Této vlastnosti lze využít při tepelném odmagnetování materiálů nebo výrobků.



Obr. 9

2.4 Magnetování výrobků

Magnetování výrobků se provádí v konečné fázi výroby na speciálně zkonstruovaných přístrojích. Každý typ výrobku lze dodávat zákazníkovi ve zmagnetovaném či nezmagnetovaném stavu. Běžný způsob magnetování je uveden u tvarových aplikací a znázorněn v tab. II. a III. V některých případech je výhodnější pro spotřebitele požadovat dodání výrobků v nezmagnetovaném stavu, zejména:

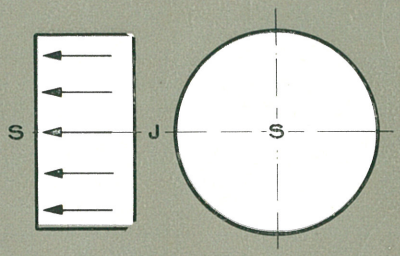
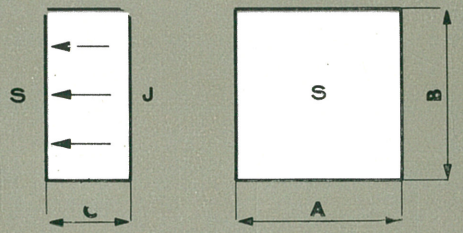
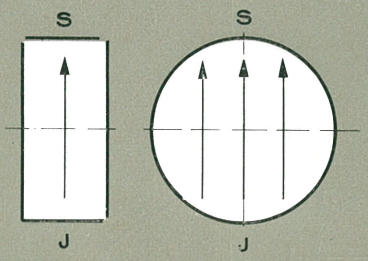
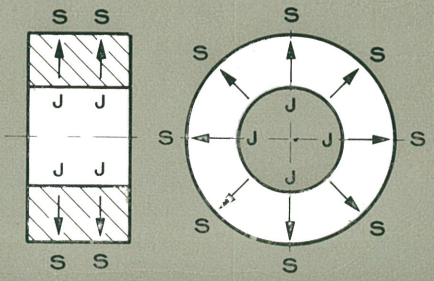
a) ztěžuje-li zmagnetovaný výrobek montáž obvodu nebo přepravu,
b) nepříznivý vliv na montáž výrobku (soustředění kovových nečistot),
c) nutnost tvarového přizpůsobení magnetu,
d) problémy a nepříznivé vlivy při skladování.

Magnetování pak provádí odběratel těsně před montáží a kde je možné, až po montáži.

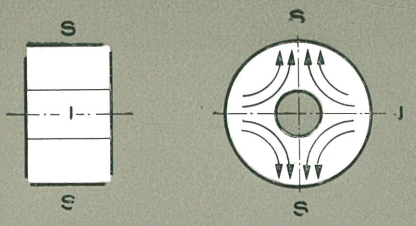
Důležité upozornění: u orientovaných feritů (anizotropních) nutno respektovat přednostní osu magnetizace!

V počátcích průmyslového využití, kdy se používalo permanentních magnetů z wolframových nebo kobaltových ocelí, byl proces magnetování poměrně snadnou záležitostí. Komplikovanější situace nastala v průběhu dalšího vývoje a zejména pak v současné době, kdy se využívá materiálů se značně velkými koercitivními silami (H_c = 1600 až 2400 A.cm^{-1}). Dokonalé zmagnetování vyžaduje intenzitu magnetizačního pole $\geq 5_B H_C$. Mnozí spotřebitelé používají magnetovacích zařízení určených pro kovové magnety AlNi, AlNiCo, jejichž koercitivní síla H_C je v nejlepším případě poloviční. V častých případech dochází pak k nedostatečnému nasycení feritových magnetů a ke snížení hodnoty B_r.

Tab. II. MAGNETOVÁNÍ VÝROBKŮ

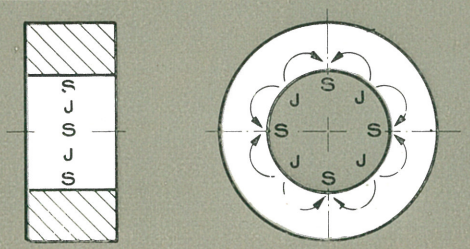
Náčrt rozložení pólů	Označení
	AXIÁLNÍ Určeno pro ferit anizotropní a izotropní
	⊥ NA PLOCHU A.B Určeno pro ferit anizotropní a izotropní
	DIAMETRÁLNÍ Určeno pro ferit izotropní
	RADIÁLNÍ (J-PÓL UVNITŘ) Určeno pro ferit izotropní

Tab. III. MAGNETOVÁNÍ VÝROBKŮ



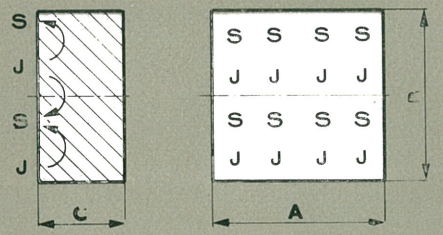
N-PÓLOVÉ LATERÁLNÍ NA OBVODU

Určeno pro ferit izotropní (v náčrtu n = 4)



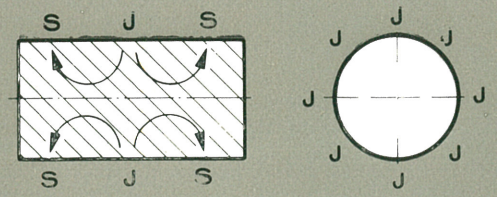
N-PÓLOVÉ LATERÁLNÍ VNITŘNÍ

Určeno pro ferit izotropní (v náčrtu n = 8)



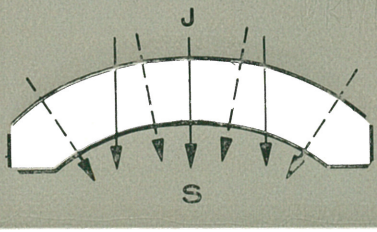
N-PÓLOVÉ LATERÁLNÍ NA PLOŠE A.B

Určeno pro ferit izotropní (v náčrtu n = 4)



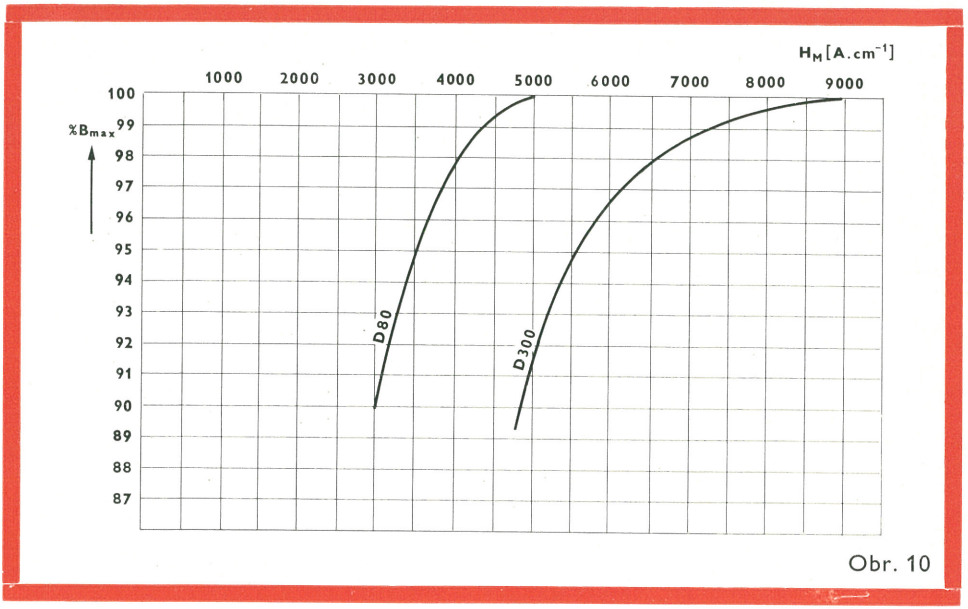
N-PÓLOVÉ LATERÁLNÍ S KRUHOVÝMI PÓLY NA OBVODU

Určeno pro ferit izotropní (v náčrtu n = 3)



DIAMETRÁLNÍ A RADIÁLNÍ

Určeno pro ferit anizotropní i izotropní



Obr. 10

Takové součástky mají zpravidla zhoršenou stabilitu. Vliv magnetizačního pole informativně uvádí obr. 10.

Nízká permeabilita feritových magnetů je příčinou malého zhuštění siločar v materiálu. Z tohoto důvodu musí býti průběh magnetického pole již ve vzduchové mezeře (před vložením výrobku) takový, jaký má míti magnet. Intenzitu magnetického pole pro jednotlivé druhy materiálů uvádí tabulka IV.

Poměrně náročnější je vícepólové magnetování malých výrobků. Většinou nelze vtěsnat dostatečné množství ampérzávitů do cívkového prostoru. Prodloužení pólových nástavců je málo účinné, neboť s jejich délkou se současně zvětšuje rozptylový tok. V takových případech je nejvhodnější použít pro magnetování impuls o vysoké proudové špičce. Někteří autoři a výrobci nedoporučují pulsní magnetování. Praxe však ukázala, že pro dokonalé zmagnetování vícepólových magnetů je tento způsob prozatím nejspolehlivější.

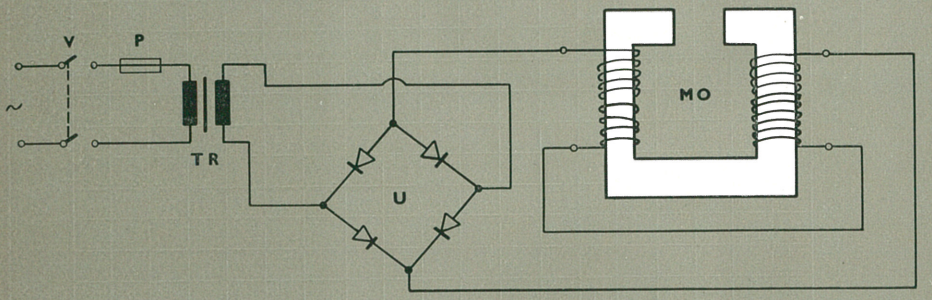
2.4.1 Magnetizační jho

Zařízení pro dvoupólové magnetování stejnosměrným proudem nazýváme magnetizačním jhem. Základní zapojení je znázorněno na obr. 11.

Zdroj proudu musí míti takovou intenzitu, aby při maximálně využívaném rozevření pólových nástavců dosahovala intenzita pole vzduchové mezery hodnoty podle tabulky IV.

Postup při magnetování je následující: změnou polohy pólových nástavců (2) magnetizačního jha, obr. 12, nastavíme potřebnou vzduchovou mezeru. Nastavení zaaretujeme příslušnými šrouby (1) tak, aby vlivem magnetických sil nedošlo k rozdrcení magnetu. Do vinutí cívek (3) přivedeme na krátkou dobu stejnosměrný proud, který v obvodu vytvoří magnetické pole, potřebné pro zmagnetizování výrobku. Po vypnutí vyčkáme asi 5 vteřin, než zanikne protiindukce obvodu. Nedodržením této prodlevy může vzniknout šikmé posunutí pólů magnetu. I když ve většině aplikací toto není na závadu, jsou případy, kdy posunutí není žádoucí. Poté vyjmeme zmagnetovaný výrobek. Pólové nástavce (2) lze vyrobit podle účelu použití různě tvarované. Jejich vzájemná výměna je snadná. Obr. 13 naznačuje praktické provedení.

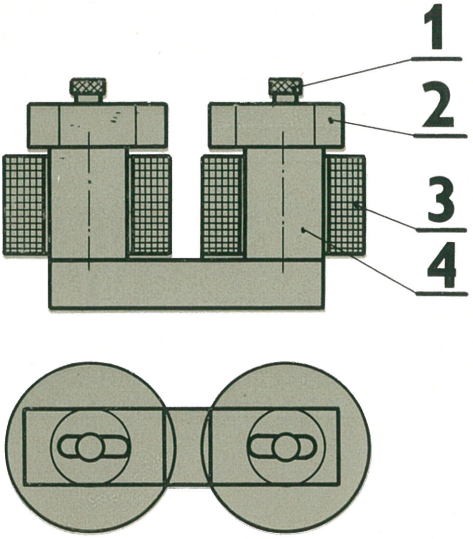
Obr. 11 Principiální schéma zapojení magnetizačního jha



V vypínač
P pojistka
TR převodový transformátor
U usměrňovač
MO magnetizační obvod

Tab. IV.

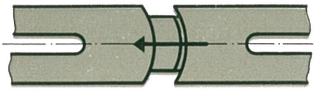
Materiál označení	Koercitivní síla H_c		Intenzita mag. pole H_M	
	Oe	A.cm^{-1}	Oe	A.cm^{-1}
D 40	1 100	880	6 500	5 200
D 80	1 500	1 200	8 000	6 400
D 100	1 700	1 360	10 000	8 000
D 280	1 600	1 280	12 000	9 600
D 330	2 800	2 200	12 000	9 600



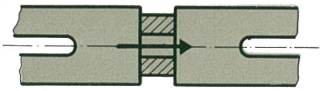
1 aretační šrouby
2 pólové nástavce
3 cívky magnetického obvodu
4 válcové sloupy obvodu

Obr. 12
Konstrukční provedení magnetizačního jha

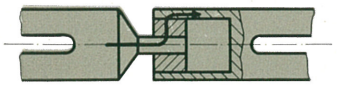
a) Pro diametrální magnetování segmentů



b) Pro axiální magnetování



c) Pro radiální magnetování s jedním pólem uvnitř a druhým vně



d) Pro 2pólové laterální na jedné ploše magnetu

Obr. 13 Tvarové přizpůsobení pólových nástavců

2.4.2 Pulsní magnetování

Vytvoření energie pro impuls o vysoké proudové špičce docílíme výbojem kondenzátoru. Platí základní vztah

$$C.U = I.t \quad (F, V, A, s)$$

Aritmetická střední hodnota nabíjení i vybíjení je 1/2 U. Pak energie nabitého kondenzátoru o kapacitě C je:

$$A = \frac{1}{2} C.U^2$$

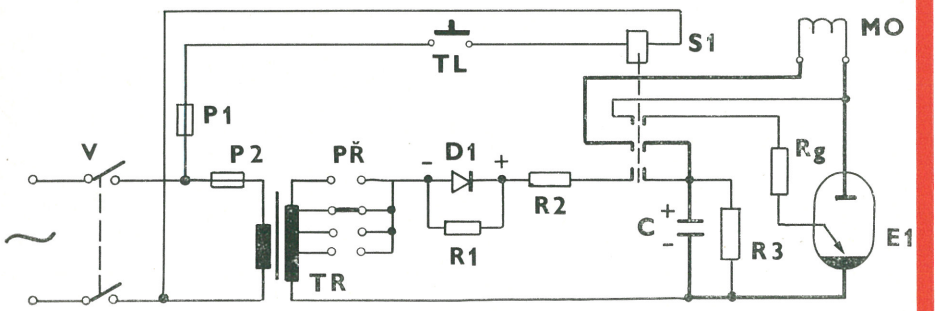
Tuto energii je nutno odevzdati do magnetizační cívky ve formě krátkodobého impulsu o čase t

$$N = \frac{1}{2} \frac{C.U^2}{t} \quad \text{kde } t = \pi \sqrt{L.C}$$

pak

$$N = \frac{1}{2} \frac{C.U^2}{\pi \sqrt{L.C}} \quad (W, F, V, H, F)$$

Obr. 14 Zjednodušené schéma zapojení impulsního magnetovacího zařízení s ignitronem



Z poslední rovnice je patrno, že intenzita pulsu je závislá na kapacitě kondenzátorové baterie, nabíjecím napětí a indukčnosti celého obvodu. Je tedy výhodné použít bezindukční kondenzátory. Zařízení je v principu podobné elektrickému blesku pro fotografické účely.

Nabíjecí zdroj nabíjí baterii kondenzátorů na maximálně dovolené napětí. Magnetovací proces nastane výbojem kondenzátorů do cívky přes rtuťový spínač. Nevýhodou tohoto zapojení je skutečnost, že kondenzátor C a cívka L tvoří oscilační obvod, který v nepříznivém případě může zakmitat na opačnou stranu tak silně, že částečně demagnetuje vložený magnet. Výpočet a konstrukce zařízení pro aperiodický výboj je sice možná, avšak naráží na optimální počet závitů magnetovací cívky a průřez vodiče. K tomuto obyčejně přistupuje omezený prostor pro vinutí u vícepólových přípravků a tak periodický obvod nutno řešit vřazením odporů, čímž se opět sníží špičkový proud výboje.
Snazším řešením je náhrada spínače ignitronem, jehož použitím uvedené těžkosti odpadají. Ignitron nepropustí zápornou půlvlnu a protože spínání probíhá ve rtuťových parách, nedochází ani k opalování kontaktů. Na schématu - obr. 14 je zapojení impulsního magnetovacího zařízení s ignitronem a vyměnitelnou magnetovací cívkou (MO).

Kondenzátorová baterie (C) je vhodně sestavena pomocí serio-paralelního zapojení elektrolytických kondenzátorů 800 μF/450 V nebo 600 μF/450 V. Ke každému kondenzátoru je připojen vybíjecí odpor o hodnotě 12 kΩ 10 W. Napájení kondenzátorů je prováděno z odbočky sekundárního vinutí transformátoru (TR) přes diody (D1) a odpor (R2), který omezuje nabíjecí proud. Sepnutím tlačítka (TL) dojde funkcí stykače (S1) k odpojení napájecího obvodu a současně k vybití kondenzátorové baterie (C) přes ignitron (E1) do magnetovací cívky (MO). V zapalovacím obvodu ignitronu (E1) je zařazen odpor (Rg), který omezuje zapalovací proud tak, aby nepřesáhl hodnotu 10 A. Ignitron snese krátkodobě špičkové přetížení, až 50tinásobek trvalého proudu. Intenzitu výboje lze regulovat změnou nabíjecího napětí kondenzátoru (C).

V vypínač

PŘ přepínač obloček sekundárního vinutí trafa

S1 stykač

TL spínací tlačítko

P1, P2 pojistky

D1 usměrňovací dioda

R1 ochranný odpor

R2 omezovací odpor - 300 Ω/100W

R3 vybíjecí odpor

Rg omezovací odpor ignitru - 100 Ω/100W

C kondenzátorová baterie o kapacitě 3000 až 4500 μ F/900V

E1 ignitron pro trvalý proud 15 až 30 A

TR trafo s ndbočkami na sek. 0-210-270-330--390-450-510-570-630 V/3A

MO magnetovací cívka

Aby zmagnetování bylo dokonalé, je třeba podržet tlačítko (TL) v sepnutém stavu po dobu 2 až 3 vteřin, než dojde k úplnému vybití kondenzátorů (C).

2.5 Demagnetování výrobků

Demagnetování feritových výrobků lze provádět několika způsoby:

a) stejnosměrným magnetickým polem opačného smyslu než při magnetizačním procesu. Požadavek poměrně přesného individuálního nastavení intenzity pole nezaručuje uspokojivý výsledek;

b) zahřátím výrobků minimálně na Curieovu teplotu (Θ_C = 450 °C) lze dosáhnout 100 % demagnetování výrobku. Nelze však předpokládat, že odběratelé budou mít k dispozici vhodné zařízení. Mimo to je tento způsob velmi náročný na správný průběh teplotní křivky (pozvolné zvyšování teploty, výdrž na teplotě a chládnutí). Feritové výrobky vlivem tepelného šoku praskají;

c) tlumenými oscilacemi otevřeného magnetického obvodu. Schéma zapojení zjednodušeného zařízení znázorňuje obr. 15. Oscilační obvod je tvořen demagnetovací cívkou (L) a kondenzátorovou batetií (C). Zdroj elektrické energie nabíjí kondenzátory na dané napětí. Nabíjecí proud je usměrňován diodami (D1) a omezován odporem (R2). Stisknutím tlačítka (TL) dojde k odpojení zdroje a současně k uzavření oscilačního obvodu. Vzniklá energie oscilačního kmitočtu o frekvenci cca 80 Hz/s svým postupným útlumem dokáže v dostatečné míře demagnetovat výrobek vložený do magnetického obvodu cívky (L). Tlačítko (TL) nutno nechat sepnuté po dobu 3 vteřin, což je nezbytná doba vybíjení kondenzátoru (C).

3/ NÁVRH MAGNETICKÉHO OBVODU

Systémy trvalých magnetů pracují nejhospodárněji tehdy, jestliže pracovní bod je totožný s bodem $(BH)_{max.}$ Z praktického hlediska však zpravidla výrobci magnetických materiálů uvádějí v katalogových listech doporučený pracovní bod o parametrech H_p, B_p, který je blízký bodu $(BH)_{max.}$

Permanentní magnety používáme v remanentní funkci. Při remanentní aplikaci zůstává pracovní bod magnetu během provozu na demagnetizační křivce. Platí zde jednoznačně vztahy uvedené ve výpočtové části návrhu obvodu. Jako příklad použití lze uvést: zavírání a spínání kontaktů ve vakuových spínačích a relé z větších vzdáleností, měřicí přístroje s otočnou cívkou, dynamické reproduktory apod. U permanentních aplikací dochází k nevratným změnám a částečnému poklesu magnetické energie. V takovém případě jsme nuceni volit pracovní bod na demagnet. křivce nad bodem $(BH)_{max.}$

Příklad použití:
Magnetické zámky a uzávěry, zpětná funkce kotvy u dynam a motorů, silné teplotní změny prostředí apod.

3.1 Pólové nástavce, kovové části obvodů

Vyrábějí se z měkkého železa s dobrou magnetickou vodivostí (co nejmenší obsah uhlíku). Pólových nástavců použijeme, chceme-li:

a) dosáhnout homogenní pole v daném prostoru (vyrovnají se rozdíly různých intenzit pólů magnetů);

b) zmenšením průřezu zvýšit hustotu magnetického toku (zvýšit přítažnou sílu magnetických úchylek a připevňovacích systémů);

c) vyrobit komplikované tvary pólů a složité systémy magnetických obvodů;

d) vyřešit lepší možnosti upevnění magnetů na konstrukcích strojů a zařízení.

Magnetická vodivost kompaktního železa je přímo úměrná permeabilitě. Tato se zvyšuje se vzrůstající intenzitou magnetického pole do určitého maxima a pak opět rychle klesá. Pro dosažení max. permeability je doporučována indukce:

magnetické obvody všeobecné
$B_{\check{z}} = 1{,}4$ T
přídržné magnety a magnetické zámky
$B_{\check{z}} = 1{,}6$ T
příložky reproduktorových systémů
$B_{\check{z}} = 1{,}5$ T

Jak již bylo uvedeno, lze správnými rozměry pólových nástavců zvýšit přítažnou sílu magnetických příchytek a uzávěrů až na 10násobek oproti síle samotného magnetu. U takovýchto systémů je třeba volit poměr

V	vypínač
S 1	stykač
TL	spínací tlačítko
P 1, P 2, P 3	pojistky
D 1	usměrňovací dioda
R 1	ochranný odpor
R 2	omezovací odpor - 100 Ω/100 W
C	kondenzátorová baterie o kapacitě 850 μF/2000 V z krabic. kondenzátorů MP
TR	transformátor 220 V/742 V — 580 VA
L	demagnetizační křivka

průřezů železa a magnetu v závislosti na kvalitě feritového materiálu:

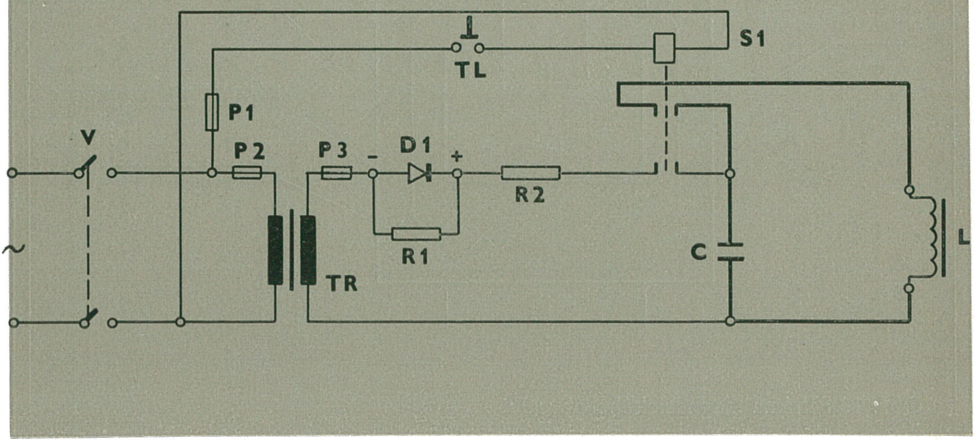
DUROX D 80	$S_{\check{z}}/S_m \approx 1/8$
DUROX D 100	$S_{\check{z}}/S_m \approx 1/8$
DUROX D 280	$S_{\check{z}}/S_m \approx 1/5{,}5$
DUROX D 330	$S_{\check{z}}/S_m \approx 1/5{,}5$

3.2 Spojování materiálů a částí obvodů

Ve výrobě zařízení s feritovými magnety se vyskytuje nutnost dokonalého spojování jednotlivých částí magnetického obvodu, nebo magnetů navzájem. Spojování se zpravidla provádí:

a) lepením epoxydovou pryskyřicí EPOXY 1200 apod.;
b) zaléváním epoxydovou pryskyřicí s plnidlem;
c) zástřikem do umělé hmoty (polypropylén, polyetylén apod.)
d) mechanickým spojením pomocí šroubů a příchytek z magneticky nevodivých materiálů (Ms, Cu, Al).

Obr. 15 Zařízení pro demagnetování výrobků pomocí tlumených oscilací



3.3 Broušení feritových magnetů

Keramický charakter feritových magnetů, zejména jejich tvrdost komplikují povrchovou úpravu výrobků. Vyžaduje-li aplikace zúžení rozměrových tolerancí výrobku, nebo tvarovou změnu, lze úpravu provést broušením vhodnými brusnými kotouči. Rozměrové opracování doporučujeme provádět pouze u výrobků a součástek v nezmagnetovaném stavu. U zmagnetovaných feritů dochází k nalepování odbroušených částic materiálu, což tuto operaci znesnadňuje a zhoršuje kvalitu opracování.

Běžně užívaná zařízení pro:

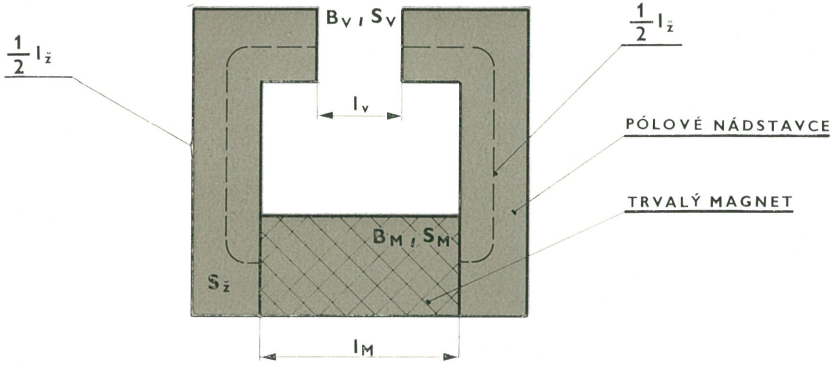
a) broušení čelních ploch - rovinné brusky typu BPH, nebo lapovací stroje typu SLAZZ;
b) broušení vnějších průměrů - bezhroté brusky typu BBZ nebo BBJ;
c) broušení vnitřních průměrů je neúměrné, pracné a nákladné, provádí se výjimečně.

Feritové magnety nutno upínat ve speciálních přípravcích, upnutí pomocí elektromagnetických nebo magnetických upínačů, dodávaných jako příslušenství brousících strojů, není dostatečné (nepostačuje k nasycení výrobků). Feritový materiál nesnáší lokální přehřátí ani tepelný šok. Broušení nutno provádět při intenzivním chlazení. Pro opracování lze použít diamantové brusné kotoučky, nebo karborundové kotouče standardní kvality

C 49 320 K 9 V
(pro BBZ nebo BBJ)
C 49 320 H (I) 9 V
(pro BPH)

Pokyny pro opracování:

a) při broušení vnějších průměrů maximální úběr na jeden průchod 0,2 až 0,3 mm;
b) při broušení čelních ploch hrubování do úběru max. 0,8 mm, lapování do úběru max. 0,4 mm;
c) před broušením větších sérií provést nejprve odzkoušení vhodnosti použitých kotoučů. Výrobky z různých dodávek mívají zpravidla rozdílnou tvrdost;
d) oplachování provádět pod prudkým proudem tekoucí vody ihned po obroušení;



Obr. 16 Schéma magnetického obvodu

e) porezita výrobků a jejich magnetické vlastnosti neumožňují dokonalé odstranění nečistot. Při mimořádných požadavcích na čistotu nutno použít ultrazvukové mycí vany.

3.4 Magnetický obvod

V praxi zpravidla používáme samotné trvalé magnety nebo jejich systémy. Nejrozšířenější je použití magnetických obvodů, sestávajících z aktivního materiálu (magnety), měkkého železa ve tvaru pólových nástavců a vzduchové mezery. Oproti volným magnetům mají systémy celou řadu předností.

3.4.1 Výpočet magnetického obvodu

Při výpočtu vyjdeme ze zákona kontinuity potenciálů magnetického obvodu:

$$H_v . l_v = H_M . l_M - H_ž . l_ž \qquad (1)$$

Vzhledem k tomu, že magnetický odpor železa je malý, lze rovnici opravit do tvaru:

l_M	délka aktivního materiálu (magnetu)	[m]
$l_ž$	délka pólových nástavců	m
l_v	délka vzduchové mezery	m
S_M	průřez aktivního materiálu	m^2
$S_ž$	průřez pólových nástavců	m^2
S_v	průřez vzduchové mezery	m^2
B_M	indukce aktivního materiálu	T
$B_ž$	indukce v pólových nástavcích	T
B_v	indukce ve vzduchové mezeře	T
H_M	intenzita pole aktivního materiálu	$A.m^{-1}$
$H_ž$	intenzita pole pólových nástavců	$A.m^{-1}$
H_v	intenzita pole vzduchové mezery	$A.m^{-1}$
Φ_R	rozptylový tok	Wb
p	součinitel	—
K_r	součinitel rozptylu	—

$$H_M . l_M = p . H_v . l_v \qquad (2)$$

kde p je součinitel, vyjadřující zvětšení magnetického odporu při průchodu magnetického toku železnými součástmi. Jeho hodnota je odvislá od kvality železa a provedení vzájemných spojů obvodu i od slo-

žitosti provedení konstrukce. Pohybuje se obvykle v rozmezí 5 až 50 % H_M l_M. Zpravidla pro:

jednoduché obvody $p = 1{,}20$
reproduktorové systémy $p = 1{,}10$ až $1{,}40$

obecné znázornění magnetického obvodu je na obr. 16.

Z katalogu odečteme doporučené hodnoty pracovního bodu (B_p, H_p). Ze vztahu (2) můžeme po úpravě vypočítat délku aktivního materiálu (magnetu)

$$l_M = \frac{H_v\, l_v}{H_p} \cdot p = \frac{B_v\, l_v}{\mu_o \cdot H_p} \cdot p \qquad (3)$$

ze zákonu magnetického toku:

$$B_M \cdot S_M = B_v \cdot S_v + \Phi_R \qquad (4)$$

kde Φ_R je rozptylový tok. Vyjádříme-li rozptyl součinitelem K_r, upraví se rovnice (4) na

$$B_M \cdot S_M = K_r \cdot B_v\, S_v \qquad (5)$$

pak průřez aktivního materiálu

$$S_M = K_r \cdot \frac{B_v \cdot S_v}{B_p} = K_r \cdot \frac{\mu_o \cdot H_v \cdot S_v}{B_p} \qquad (6)$$

Součinitel rozptylu K_r nutno odhadnout podle charakteru magnetického obvodu. Pohybuje se obvykle v rozmezí $K_r = 1{,}5$ až 5. Zpravidla pro:

reproduktorové systémy $K_r = 1{,}5$ až $2{,}6$
motorky s feritovými segmenty $K_r = 1{,}2$

Vynásobením rovnic (3) a (6) dostaneme objem aktivního materiálu:

$$V_M = S_M \cdot l_M = \frac{\mu_o \cdot H_v^2 \cdot l_v \cdot S_v}{B_p \cdot H_p} \cdot K_r \cdot p =$$
$$= \frac{B_v^2 \cdot l_v \cdot S_v}{\mu_o \cdot B_p \cdot H_p} \cdot K_r \cdot p$$

3.5 Návrh magnetického držáku

Zvláštní kapitola je věnována návrhu a výpočtu magnetického držáku či uzávěru, viz obr. 17, pro jejich široké použití.
Při výpočtu tohoto systému vycházíme z požadované přídržné síly:

$$P = \left(\frac{B_{\check{z}}}{1{,}6\ 10^{-3}}\right)^2 \cdot S_{\check{z}} \quad [N; T; m^2]$$

Činný průřez železných příložek:

$$S_{\check{z}} = \frac{P \cdot 1{,}6^2\ 10^{-6}}{B_{\check{z}}^2} = \frac{1{,}6^2}{10^6} \cdot \frac{P}{B_{\check{z}}} \quad [m^2; N; T]$$

Jelikož magnetický obvod je sestaven ze dvou příložek, bude

$$S_{\check{z}} = 2\,a.b \quad [m^2; m]$$

Ze zákonu magnetického toku vypočítáme průřez aktivního materiálu (magnetu)

$$S_M = K_r \cdot \frac{B_{\check{z}} \cdot S_{\check{z}}}{B_M} \quad [m^2; T; m^2]$$

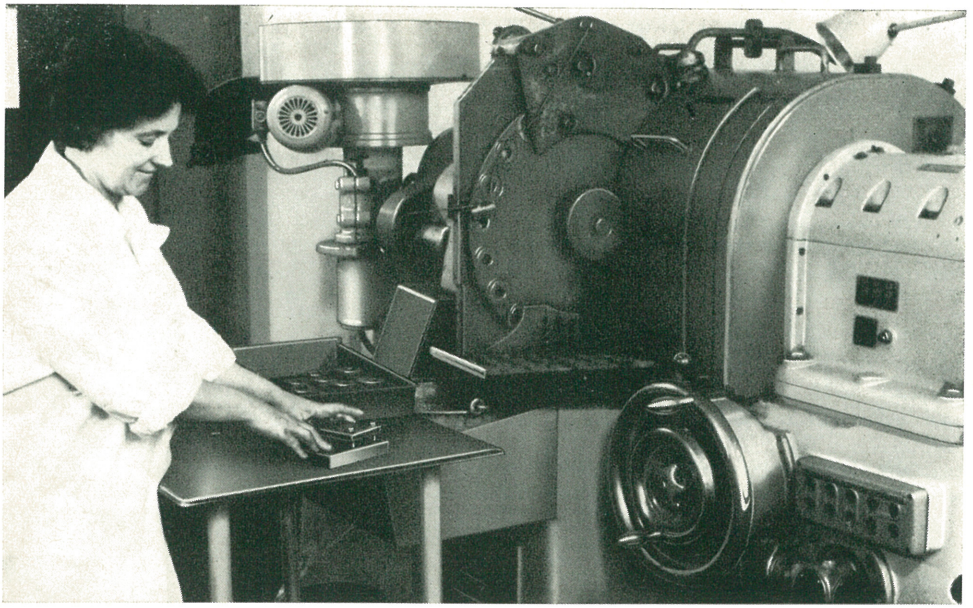
Koeficient rozptylu se zpravidla pro tyto materiály pohybuje v rozmezí 1,10 až 1,20. Hodnotu B_M odečteme z demagnetizační křivky zvoleného feritového materiálu.
Příklad: Navrhnout vhodný magnetický obvod pro uzávěr s feritovým magnetem typu — ∅ 27×10 z materiálu D 280. Stanovit velikost přídržné síly.
Průřez použitého magnetu:

$$S_M = 5{,}72.10^{-4}\ m^2$$

Odečteme hodnotu magnetické indukce pro materiál D 280. Je-li $B_M = B_R = 0{,}34$ T, bude celkový magnetický tok

$$\Phi = B_M \cdot S_M = 0{,}34 \cdot 5{,}72.10^{-4} =$$
$$= 1{,}94.10^{-4}\ Wb$$

Ze zákonu magnetického toku vypočítáme průřez železné části obvodu:



$$S_{ž} = \frac{\varnothing\, \Phi}{B_{ž}} \,.K^{-1} = \frac{1{,}94.10^{-4}}{1{,}6} \,.1{,}15^{-1} =$$

$$= 1{,}05.10^{-4}\ m^2$$

Je-li průměr magnetu 27 mm, zvolíme s ohledem na zmenšení rozptylu délku příložky 24 mm. Pak síla jedné příložky:

$$b = \frac{S_{ž}}{2a} = \frac{1{,}05.10^{-4}}{2.2{,}4.10^{-2}} = 0{,}22.10^{-2}\ m =$$

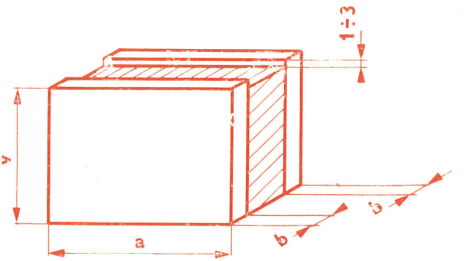
$$= 2{,}2\ mm$$

Volíme sílu železného pásu z běžné výrobní řady b = 2,50 mm.
Přídržná síla sestaveného magnetického obvodu:

$$P = \left(\frac{B_{ž}}{1{,}6.10^{-3}}\right)^2 . S_{ž} = \frac{1{,}6}{1{,}6.10^{-3}} \cdot$$

$$.1{,}05.10^{-4} = 105\ N$$

Obr. 17



3.6 Srovnávací tabulka používaných jednotek

3.7 Praktické využití feritových magnetů

Vývoj permanentních magnetů v posledních letech zaznamenal rychlý růst, což se odra-

zilo v konstrukční rozmanitosti vlastních obvodů. Použití keramických i kovových magnetů je oblast tak široká, že není v možnostech tohoto katalogu ji dopodrobna propracovat. Magneticky tvrdý ferit není jednoznačně náhradou litých magnetů AlNi a AlNiCo, ale je samostatnou skupinou permanentních magnetických materiálů. V některých případech nelze použít magnetů AlNi a AlNiCo, kde feritový magnet výborně pracuje a naopak. Všeobecně lze říci, že obvod s feritovým magnetem má vždy nižší konstrukci oproti magnetům slitinovým. Zásadně není možná prostá záměna kovových magnetů feritovými. Ve všech případech je nutno rekonstruovat celý magnetický obvod. Výpočet magnetického obvodu je obtížný, protože nelze spolehlivě určit koeficienty rozptylu. Tyto se mohou pohybovat v tak širokém rozmezí, že přesný výpočet ztrácí význam. Vlastní návrh vyžaduje určitých zkušeností. Doporučujeme tento upřesnit po odzkoušení na funkčním prototypu.

Konstruktéři magnetických obvodů se dopouštějí při použití feritových magnetů

Tab. V.

Veličina	Označení	Jednotka v »SI«	Převodový součinitel	Jednotka v »CGS«
Magnetická indukce	B	T (Tesla)	10^4	G (Gauss)
Magnetický tok	Φ	Wb (Weber) 1 Wb = 1 Vs	10^8	M (Maxwell)
Intenzita magnetického pole	H	$A.cm^{-1}$	1,25	Oe (Oersted)
Max. energetický součin	$(BH)_{max}$	kJm^{-3}	0,125	MG Oe
Permeabilita prostředí	μ $\mu = \mu_o . \mu_r$	$H.m^{-1}$ (Henry/metr)	1	—
Permeabilita vakua	μ_o	$H.m^{-1}$ (Henry/metr)	1	—
Poměrná permeabilita	μ_r	—	—	—
Přídržná síla sestaveného magnetického obvodu	P	$P = \left(\frac{B_{\check{z}}}{1{,}6.10^{-3}}\right)^2 . S_{\check{z}}$ [N; T; m^2]	—	$P = \frac{B_{\check{z}}}{5000} . S_{\check{z}}$ [kp; G; cm^2]

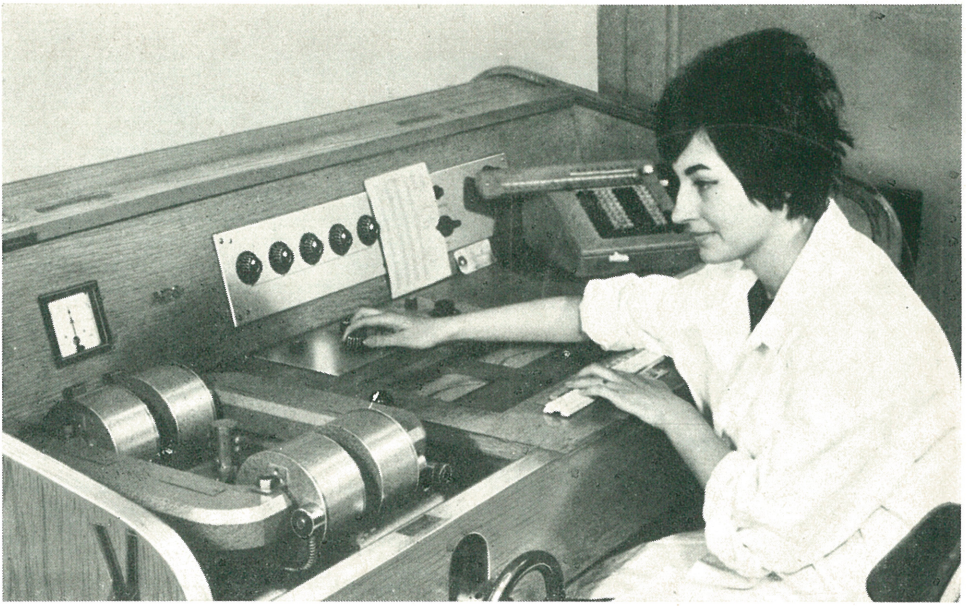
zásadních chyb. Tyto chyby vyplývají jednak z toho, že ferity se svými vlastnostmi od magnetů AlNi a AlNiCo značně liší a jednak z toho, že aplikacím magnetismu je na technických školách věnována poměrně malá pozornost.
Jak již bylo uvedeno, nelze vymezit použití kovových nebo keramických magnetů. Proto v následující kapitole jsou rozvedeny aplikace permanentních aplikací komplexně.

3.7.1 Aplikace permanentních magnetů

V současné době se již prakticky nevyskytuje průmyslový obor, ve kterém by nebyly využity permanentní magnety. Pro názornost několik příkladů:
Keramický průmysl
— separátory a lapače kovových nečistot
Potravinářský průmysl
— separátory kovových nečistot, magnetické zámky, magnetické dopravníky
Nábytkářský průmysl
— uzávěry a magnetické zámky
Strojírenský průmysl
— přídržné elementy, magnetická sklíčidla a upínače, olejové filtry
Stavba lodí
— přídržné přípravky, příchytky pro svařování
Hutní průmysl
— dopravníky, přídržné elementy
Automobilový průmysl
— malé motorky, magnetické zátky do olejových van
Textilní průmysl
— ložiska vysokootáčkových vřeten atd.
Pro snazší orientaci rozdělíme jednotlivé aplikace feritových a kovových magnetů podle použití:

Elektrotechnika

Měření a regulace:
— galvanometry
— ampérmetry
— voltmetry
— fluxmetry
— fotometry
— tachometry
— otáčkoměry
— wattmetry
— zapisovací přístroje
— zapisovače chvění
— oscilografy



— kardiografy
— seismografy
— měřiče tlaku
— spínací měřicí přístroje

Motory a generátory:
— alternátory
— magnety zkratových motorů
— ruční dynama
— stejnosměrné motorky
— motorky hodinových strojků
— motorky ke stěračům
— ventilátorky
— motorky do hraček
— gyroskopy
— pulsní generátory
— dynama pro zapalování

Elektroakustika a telekomunikace:
— tónový generátor
— telefonní přístroje
— přístroje pro nedoslýchavé
— snímače strunných nástrojů
— elektromagnetické přenosky
— magnetofony
— diktafony
— vlnovody
— směrové izolátory

Radiotechnika a televizní technika:
— reproduktory
— vibrační konvertory
— fokuzační jednotky
— korekční jednotky
— vypínače a spínače
— zhášení elektrického oblouku

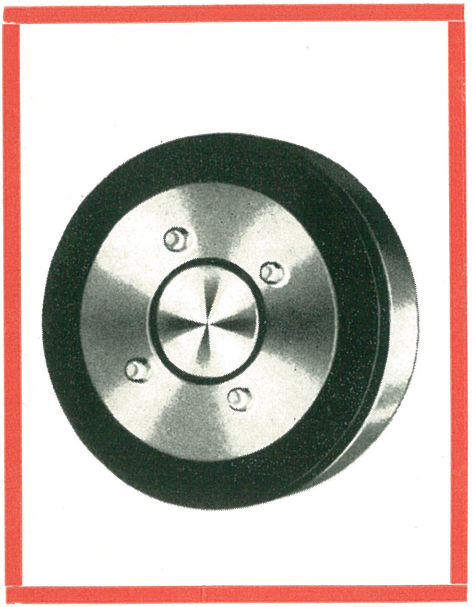
Aplikovaná fyzika

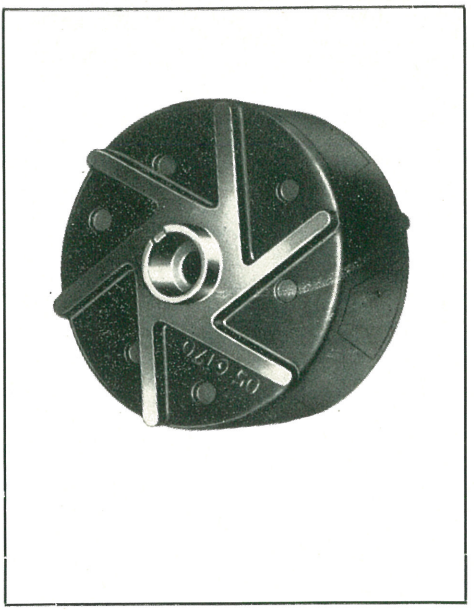
Průmyslové využití:
— kompenzace kompasů
— třídění materiálů
— zkoušky tvrdosti
— indikátory polarity
— změkčovače vody
— lapače kovových nečistot

Všeobecné využití:
— kompasy
— náhrada pružin
— magnetizační jha

Mechanika

Měření a regulace:
— průtokoměry
— indikátory hladin





— maximální teploměry
— brzdy výchylkových přístrojů
— tlumení kmitavých pohybů

Konzumní zboží:
— kalendáře
— kartotéky
— svítilny
— signální lampy
— držáky
— magnetické uzávěry
— magnetické tabule

Spojovací zařízení:
— spínače
— mikroskopy
— magnetické spojky
— pumpičky
— mixéry
— pohony přes stěnu
— odstředivé spojky
— polarizované kontakty
— magnetická sklíčidla
— příchytky pro svařování

Průmyslové využití:
— přídržná zařízení
— dopravníky
— uzavírací zátky
— filtry
— separátory
— čističe a zametače podlah
— informační a plánovací tabule
— třecí brzdy
— šroubováky
— uzávěry ledniček
— uzávěry v nábytkářském průmyslu

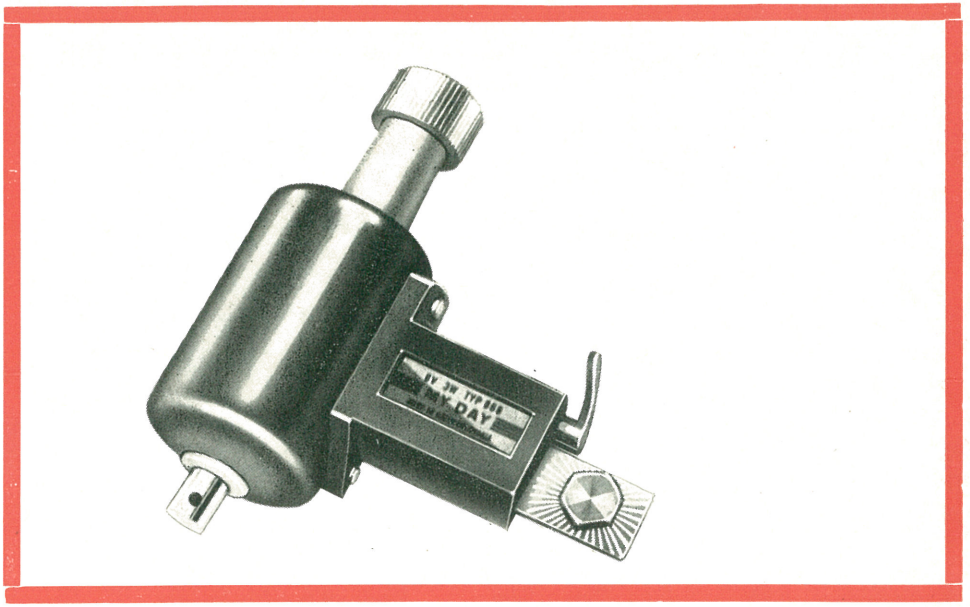
Rozmanitosti

Příslušenství:
— držáky spotřebního zboží
— držáky pouzder na cigarety
— jmenovky
— pohotovostní dopravní značky
— otevírače konzerv

Hračky:
— hračky všeho druhu
— sestavovací hračky
— cestovní hry
— tančící figurky
— modelové železnice

Lékařství

— protézy



— testování krve
— vyjímání ocelových třísek
— veterinární ochrana

Všeobecné:
— dekorační účely
— aranžování
— rozvrh hodin do školy

4/

TECHNICKÉ DODACÍ PŘEDPISY

Vzhledem k typizaci a normalizaci výrobní řady doporučujeme užívat vývobků, uvedených v tomto katalogu. Na každý výrobek je vypracován výrobní výkres, který se s odběratelem vzájemně odsouhlasí. V mimořádných případech lze u výrobce uplatnit požadavek na novou tvarovou aplikaci. V tomto případě je nutné projednat s výrobcem vhodnost pořadavku s ohledem na použitý magnetický obvod i konkrétní funkci.
Magnety DUROX se podle výslovného přání zákazníka dodávají ve zmagnetovaném či nezmagnetovaném stavu.

Technické dodací předpisy dle podnikové normy PN 5-126 obsahují:
a) všeobecnou část s nutnými údaji pro objednávku,
b) technické požadavky na vzhled, tvar, rozměry a magnetické vlastnosti,
c) způsob provedení zkoušek a kontroly vzhledu, tvaru, rozměru i magnetických hodnot,
d) rozsah, místo a způsob přejímky výrobků,
e) způsob balení a dopravy
f) pokyny pro montáž a skladování výrobků.

4.1 Kontrola výrobků

V konečné fázi výrobního cyklu prochází výrobek oddělením technické kontroly (OTK). Rozsah prováděné kontroly stanovují přejímací podmínky. Posuzuje se:
a) vzhled —
srovnáním se vzájemně odsouhlasenými vzorky;
b) rozměry —
použitím běžných dílenských měřidel a kalibrů;

c) magnetické hodnoty —
vzorkovým sejmutím demagnetizační křivky (II. kvadrantu hysterezní smyčky) nebo individuální kontrolní metodou.

II. kvadrant hysterezní smyčky v Gaussově rovině lze snímat magnetizačním mostem firmy AEG typ M 4 (M 55) nebo mostem firmy SERMAG typ P 100 s použitým zapisovačem XY RECORDER. Měření vyžaduje dokonale zabroušené stykové plochy výrobku.

Pro individuální měření vybraných magnetických parametrů slouží:

1. Měřič magnetického toku s diferenciální magnetickou sondou (D - metr).
2. Fluxmetr se snímací cívkou.
   Obě zařízení měří pracovní bod magnetu v daném stavu a určují tak pouze polohu jednoho bodu na demagnetizační větvi hysterezní smyčky. Poloha tohoto bodu je odvislá od poměru 1/D.
3. Přístroje s rotační cívkou pro snímání magnetického toku.
4. Přístroje s pevnou cívkou a rotujícím magnetem pro snímání magnetického toku.
5. Gaussmetr.

4.2 Expedice výrobků

Výrobky jsou chráněny před mechanickým poškozením uložením do kartonových krabic nebo polystyrénových palet. Na každé krabici je štítek s uvedením potřebných dat pro přejímku podle předepsaných směrnic. Váha jednotlivých krabic nesmí přesahovat 15 kg. Obaly se označují nápisy »křehké zboží« a jsou-li výrobky zmagnetovány, nápisem »magnetické«.

Magnety DUROX je třeba chránit před nárazy na tvrdou podložku, tvrdým úderem a výparem kyselin.

Doprava se provádí v krytých vozech, které magnety chrání proti povětrnostním vlivům. Při větších dodávkách se krabice s výrobky vkládají do dřevěných nebo kovových beden.

4.3 Odolnost výrobků vůči prostředí

Feritové magnety jsou poměrně chemicky odolné proti vlivům prostředí.

Odolávají:
- 30 % roztoku NaCl
- 50 % směsi benzol-trichlorethylenu
- benzinu
- kyselině dusičné HNO_3
- 50 % roztoku kyseliny dusičné HNO_3
- kyselině octové
- kresolu
- roztokům fenolu
- roztoku síranu sodného

Jsou částečně narušovány:
- zředěnou kyselinou sírovou
- 50 % roztokem kyseliny solné

Nesnášejí:
- koncentrovanou kyselinu sírovou

5/

ÚDAJE PRO OBJEDNÁVKU

V objednávce uvádějte:

a) množství v ks
b) název výrobku
c) číselný znak výrobku
d) číslo podnikové normy PN 5 - 126
e) požadavek na zmagnetování
f) požadovanou lhůtu

Příklad objednávky:

100 ks feritových magnetů
č. výrobku JK 205 582 4 31 017
podle PN 5—126, zmagnetovaných axiálně.

Požaduje-li odběratel určitý typ feritového výrobku a není si jist, zda tento bude svými vlastnostmi pro daný účel vyhovující, doporučujeme odbornou konzultaci ve výrobním závodě. Pro správné posouzení nutno sdělit:

1. Funkci a konstrukční provedení magnetického obvodu.
2. Požadované sycení ve vzduchové mezeře.
3. Teplotu pracovního prostředí a jiné vlivy, mající význam pro správnou činnost magnetického obvodu (druh prostředí, přítomnost cizích magnetických polí, tepelné nárazy při výrobě magnetického obvodu atd.).
4. Rozměry vzduchové mezery, případně požadovaný pracovní bod.
5. Požadavek na rozměrové tolerance magnetu a maximálně možné rozměry.

Katalog obsahuje rámcový sortiment výrobků. Přesný sortiment pro každý rok stanovuje výrobní program periodicky vydávaný, který budeme odběratelům běžně zasílat.

Číselné označení materiálů podle jednotné klasifikace:

205 581	D 40
205 582	D 80
205 584	D 280
205 585	D 330
205 586	D 100
205 587	D 300 (připravuje se do výroby)

5.1 Požadavek na vývoj nové aplikace

Nemůže-li odběratel z prokazatelného důvodu použít feritové magnety z běžně vyráběné rozměrové řady, požádá výrobce o vyřešení a zavedení výroby nové tvarové aplikace.

POŽADAVKOVÝ LIST musí obsahovat:

1. Veškeré údaje nutné pro konstrukci magnetu - viz kapitola 5.
2. Důležitost a financování řešení.
3. Výhled odběru výrobků na období 5 let.
4. Adresu odběratele a jméno odpovědného pracovníka, pověřeného stykem s řešitelem.
5. Požadavky na vzorky výrobků, vzorkovou sérii a zavedení výroby.

U jednotlivých položek uvést požadované množství a termíny. Po ekonomickém posouzení požadavku výrobcem bude rozhodnuto o realizaci. V případě kladného výsledku odešle výrobce odsouhlasený požadavkový list žadateli zpět. V jiném případě sdělí důvody zamítavého postoje.

6/

ÚCHYLKY ROZMĚRŮ FERITOVÝCH VÝROBKŮ PN 5—109 JK 205 5

Tato norma stanoví dovolené úchylky rozměrů, tvaru a polohy feritových výrobků.

Tolerované rozměry

1. Dovolené úchylky rozměrů musí být vyjádřeny číselně za rozměrem příslušné kóty podle ČSN 01 3031.
   Dovolené úchylky se zpravidla stanoví:
   a) u rozměru vnějšího průměru (+)
   b) u rozměru vnitřního průměru (—)
   c) u rozměru délkového (+); (—); (±) (podle funkce rozměrů)
   d) u rozměrů omezených v jednom směru připíše se znaménko max. nebo min. za číselný údaj.

Netolerované rozměry (viz tab. VI.)

2. Dovolené úchylky netolerovaných rozměrů odpovídají PN 5 - 109.
   Platí pro všechny rozměry uvedené na výrobním výkrese bez číselného vyjádření dovolené úchylky u příslušné kóty.

Dovolené úchylky podle PN 5 - 109 se nevztahují na rozměry informativní a teoretické, neboť tyto se uvádějí v závorkách podle ČSN 01 3020 čl. 55.

3. Dovolené úchylky úhlů musí být vyjádřeny číselně.
4. Tolerované úchylky tvaru a polohy musí být na výkrese vyjádřeny podle ČSN 01 4403. Posuzování a definice se provádí podle shodné ČSN.
5. Netolerované úchylky tvaru a polohy se na výkrese neoznačují a lze pro ně využít plné hodnoty tolerance odpovídající uvažovanému rozměru.

Dovolené úchylky rozměru po výpalu feritových výrobků

Tab. VI.

Jmenovitý rozměr (mm)		Dovolené úchylky ± (mm)	Jmenovitý rozměr (mm)		Dovolené úchylky ± (mm)
	do 4	0,15	nad 55	do 60	1,00
nad 4	6	0,20	60	70	1,20
6	8	0,25	70	80	1,40
8	10	0,30	80	90	1,60
10	13	0,35	90	100	1,80
13	16	0,40	100	110	1,90
16	20	0,45	110	125	2,20
20	25	0,50	125	140	2,40
25	30	0,55	140	155	2,60
30	35	0,60	155	170	2,90
35	40	0,65	170	185	3,10
40	45	0,70	185	200	3,40
45	50	0,80	200	225	3,80
50	55	0,90	225	250	4,20

Dovolené úchylky jsou oboustranné. Při volbě jednostranné úchylky je třeba příslušnou oboustrannou úchylku násobit dvěma.

Označování úchylek na výkresech

a) Úchylky rozměrů se zapisují na výkresech podle ČSN 01 3031.
b) Úchylky tvaru a polohy se zapisují na výkresech podle ČSN 01 4403.
c) Na všech výkresech musí být uveden odkaz na PN 5 - 109 následujícím způsobem:

Úchylky rozměrů, tvaru a polohy podle PN 5—109

Souvisící čs. normy

ČSN 01 3020 Kótování.

ČSN 01 3031 Tolerování rozměrů na výkresech.

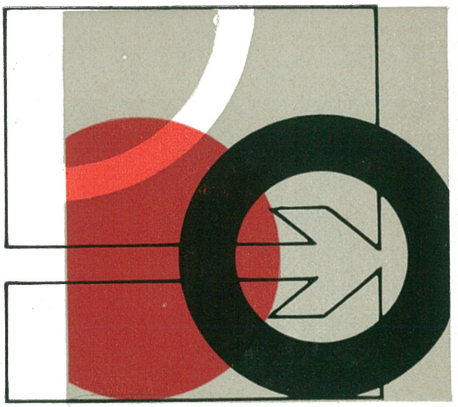
ČSN 01 4403 Úchylky tvaru a polohy. Definice a označování na výkresech.

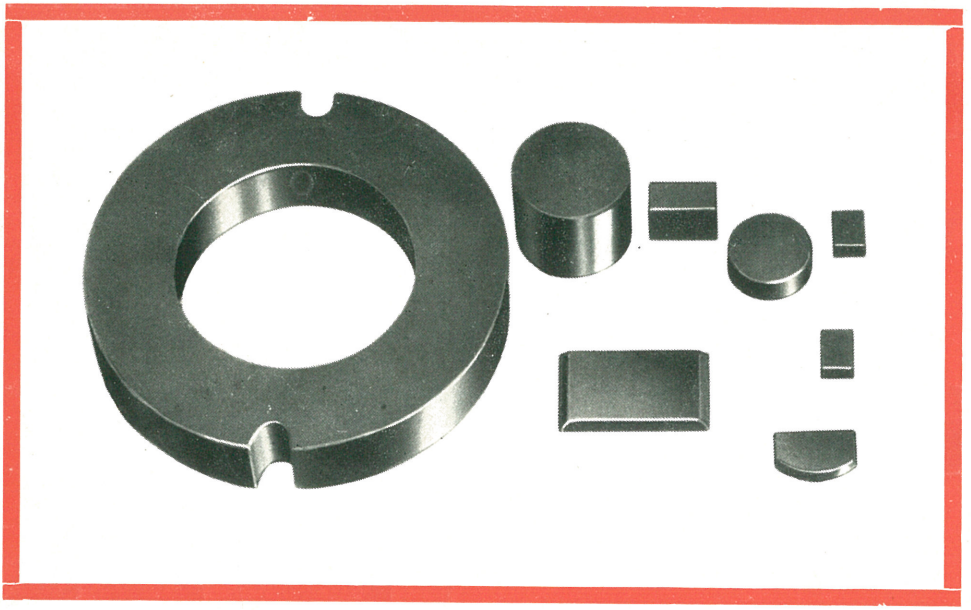
Obdobné čs. normy

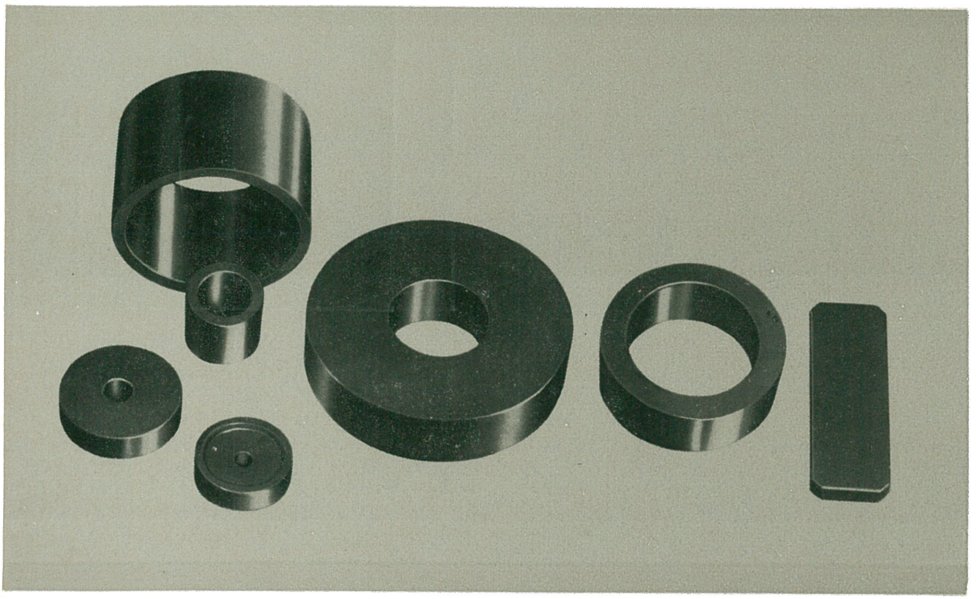
ČSN 72 5705 Úchylky rozměrů, tvaru a polohy ploch keramických výrobků.

KATALOG VÝROBKŮ

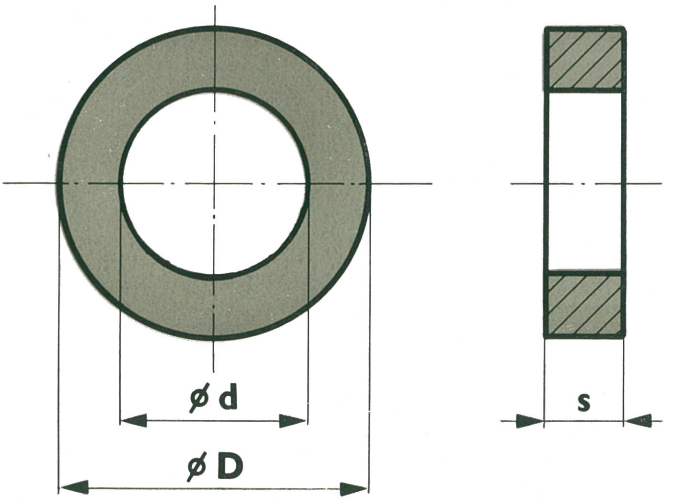
durox







TOROIDY

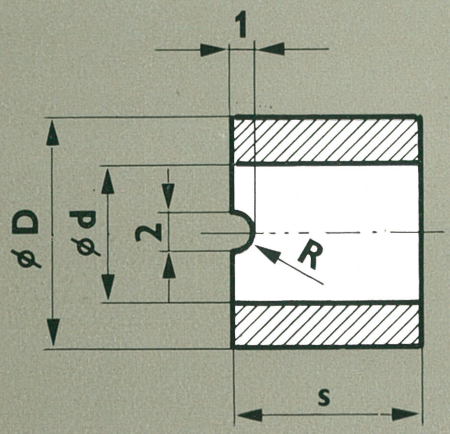


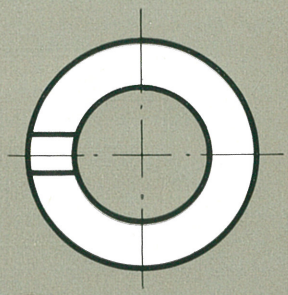
Číselné označení výrobku	Materiál	ø D	ø d	s	Způsob magnetování
205 582 4 30 041	D 80	10,0	7,0	6,0	axiální
205 582 4 30 058	D 80	12,0	4,05	7,0	axiální
205 582 4 30 066	D 80	12,0	9,0	3,2	axiální
205 582 4 30 033	D 80	14,0	4,0	4,0	axiální
205 582 4 30 032	D 80	17,0	7,0	14,0	axiální
205 582 4 30 023	D 80	18,0	7,0	10,0	axiální
205 582 4 30 064	D 80	19,6	12,6	7,0	axiální
205 582 4 30 048	D 80	22,0	13,0	6,0	axiální
205 582 4 30 040	D 80	24,0	9,0	10,0	axiální
205 582 4 30 052	D 80	24,0	15,2	4,0	axiální
205 582 4 30 029	D 80	25,0	8,2	7,0	axiální
205 582 4 30 030	D 80	30,0	9,0	15,0	axiální
205 582 4 30 070	D 80	31,0	14,6	7,0	axiální
205 582 4 30 014	D 80	38,0	8,0	8,0	axiální
205 582 4 30 012	D 80	38,0	8,0	10,0	axiální
205 582 4 30 047	D 80	40,0	25,0	6,0	axiální
205 582 4 30 000	D 80	47,5	33,5	17,5	axiální
205 582 4 30 031	D 80	124,0	51,0	35,0	axiální
205 586 4 30 068	D 100	12,3	6,0	6,0	axiální
205 586 4 30 054	D 100	24,0	16,5	7,0	axiální

Číselné označení výrobku	Materiál	⌀ D	⌀ d	s	Způsob magnetování
205 586 4 30 065	D 100	25,0	16,0	12,5	axiální
205 584 4 30 016	D 280	34,0	14,0	7,0	axiální
205 584 4 30 017	D 280	34,0	14,0	10,0	axiální
* 205 584 4 30 082	D 280	46,0	23,0	14,0	axiální
* 205 584 4 30 084	D 280	51,0	24,0	9,0	axiální
205 584 4 30 075	D 280	55,0	23,0	8,0	axiální
205 584 4 30 028	D 280	55,0	23,0	14,0	axiální
205 584 4 30 056	D 280	55,0	23,0	14,0	axiální
205 584 4 30 072	D 280	60,0	24,0	13,0	axiální
205 584 4 30 027	D 280	61,0	21,0	18,0	axiální
205 584 4 30 007	D 280	72,0	30,0	15,0	axiální
205 584 4 30 073	D 280	72,0	32,0	15,0	axiální
205 584 4 30 042	D 280	75,0	31,0	15,0	axiální
205 584 4 30 057	D 280	75,0	31,0	15,0	axiální
205 584 4 30 083	D 280	84,0	32,0	17,0	axiální
205 585 4 30 050	D 330	28,5	9,2	8,0	axiální
205 585 4 30 059	D 330	61,0	21,0	18,0	axiální
205 585 4 30 060	D 330	82,0	31,0	17,0	axiální
* 205 585 4 30 081	D 330	107,0	71,0	8,0	axiální

* připravuje se do výroby

STATORKY

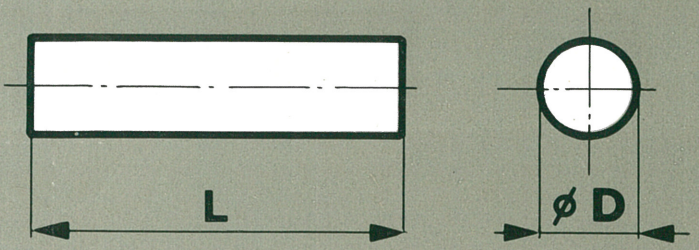




Číselné označení výrobku	Materiál	ø D	ø d	s	Způsob magnetování
205 581 4 30 062	D 40	24,0	17,0	17,6	2 pól. laterální vnitřní
* 205 581 4 30 011	D 40	24,05	17,0	19,6	2 pól. laterální vnitřní
205 581 4 30 038	D 40	44,0	34,0	24,0	2 pól. laterální vnitřní
205 581 4 30 022	D 40	61,0	49,0	40,0	2 pól. laterální vnitřní

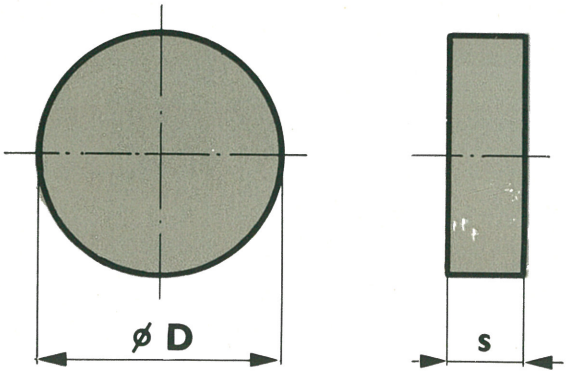
* vyrábí se s jinými rozměry drážky: 2,5 × 1,8

TYČINKY



Číselné označení výrobku	Materiál	⌀ D	L	Způsob magnetování	Imaginární hodnoty sycení na pólu
205 582 4 31 066	D 80	5,0	20,0	axiální	min. 0,06 T
205 582 4 31 093	D 80	5,0	25,0	axiální	min. 0,06 T
205 582 3 31 068	D 80	5,0	36,0	axiální	min. 0,06 T
205 586 4 31 090	D 100	6,0	12,0	axiální	min. 0,06 T

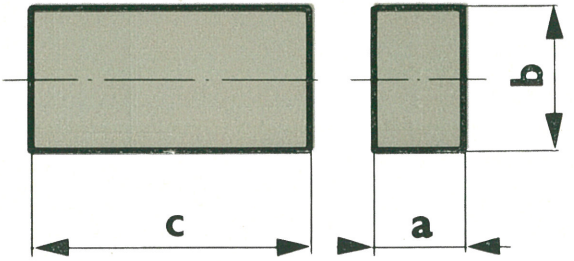
VÁLCE



Číselné označení výrobku	Materiál	⌀ D	s	Způsob magnetování
205 582 4 31 005	D 80	5,0	6,5	axiální
205 582 4 31 008	D 80	8,0	9,0	axiální
205 582 4 31 030	D 80	9,0	6,0	axiální
205 582 4 31 060	D 80	10,0	12,0	axiální
205 582 4 31 009	D 80	12,0	6,0	axiální
205 582 4 31 011	D 80	12,0	13,0	axiální
205 582 4 31 033	D 80	16,0	6,0	axiální
205 582 4 31 044	D 80	16,0	14,0	axiální
205 582 4 31 017	D 80	20,0	5,0	axiální
205 582 4 31 076	D 80	22,0	20,0	axiální
205 582 4 31 053	D 80	26,0	8,0	axiální
205 582 4 31 052	D 80	26,0	17,0	axiální
205 582 4 31 063	D 80	70,0	10,0	axiální
205 586 4 31 084	D 100	4,0	4,0	axiální
205 586 4 31 085	D 100	5,0	4,0	axiální
205 582 4 31 079	D 80	7,5	4,0	axiální
* 205 584 4 31 077	D 280	27,0	10,0	axiální
205 584 4 31 027	D 280	27,0	10,0	axiální
* 205 584 4 31 064	D 280	72,0	20,0	axiální

* připravuje se do výroby

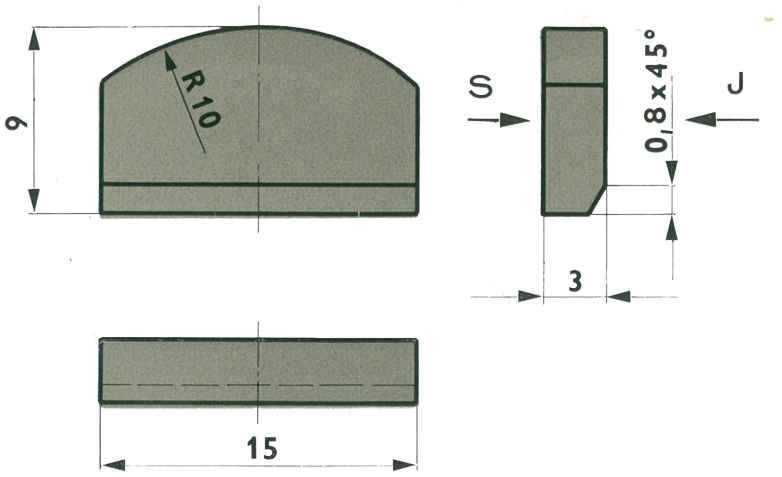
HRANOLY



Číselné označení výrobku	Materiál	a	b	c	Způsob magnetování
205 582 4 32 000	D 80	5,0	5,0	3,0	⊥ a × b
205 582 4 32 023	D 80	7,0	4,0	3,7	⊥ a × b
205 582 4 32 065	D 80	8,0	8,0	8,0	⊥ a × b
205 582 4 32 027	D 80	9,0	6,6	4,0	⊥ a × b
205 582 4 32 070	D 80	10,0	10,0	2,5	⊥ a × b
205 582 4 32 005	D 80	10,0	10,0	5,0	⊥ a × b
205 582 4 32 059	D 80	12,8	9,8	7,0	⊥ a × b
205 582 4 32 021	D 80	12,8	9,8	7,0	⊥ a × b
205 582 4 32 042	D 80	14,0	7,0	3,0	⊥ a × b
205 582 4 32 011	D 80	16,0	10,0	5,0	⊥ a × b
205 582 4 32 054	D 80	20,0	8,0	8,0	⊥ a × b
205 582 4 32 031	D 80	20,0	18,0	3,0	⊥ a × b
205 582 4 32 052	D 80	28,0	15,0	5,0	⊥ a × b

Číselné označení výrobku	Materiál	a	b	c	Způsob magnetování
205 582 4 32 050	D 80	29,0	10,0	6,0	⊥ a × b
205 582 4 32 040	D 80	49,5	29,5	6,0	⊥ a × b
205 582 4 32 019	D 80	55,0	10,0	6,0	⊥ a × b
205 586 4 32 074	D 100	8,0	5,0	2,5	⊥ a × b
205 586 4 32 073	D 100	8,0	8,0	3,0	⊥ a × b
205 586 4 32 075	D 100	9,0	6,6	3,9	⊥ a × b
205 586 4 32 071	D 160	13,5	7,5	5,0	⊥ a × b
* 205 584 3 32 058	D 280	50,0	35,0	17,0	⊥ a × b
* 205 584 3 32 056	D 280	50,0	44,0	17,0	⊥ a × b
* 205 584 3 32 055	D 280	50,0	50,0	17,0	⊥ a × b
* 205 584 4 32 049	D 280	53,5	44,5	18,0	⊥ a × b
* 205 585 4 32 080	D 330	50,0	20,0	8,0	⊥ a × b
* 205 585 4 32 079	D 330	50,0	20,0	10,0	⊥ a × b
* 205 585 3 32 058	D 330	50,0	35,0	17,0	⊥ a × b
* 205 585 3 32 056	D 330	50,0	44,0	17,0	⊥ a × b
* 205 585 3 32 055	D 330	50,0	50,0	17,0	⊥ a × b

* připravuje se do výroby

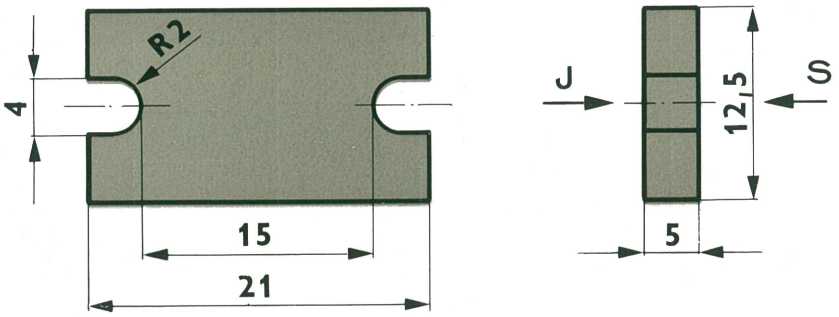


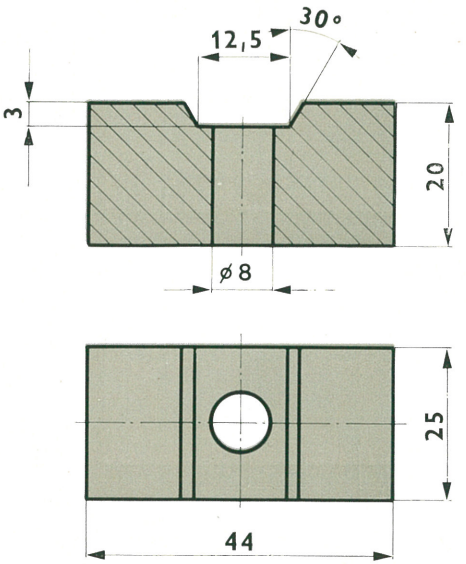
▲

Číslo výrobku JK: **205 582 4 33 000**
Materiál: **D 80**
Magnetování: ⊥ 15 × 9

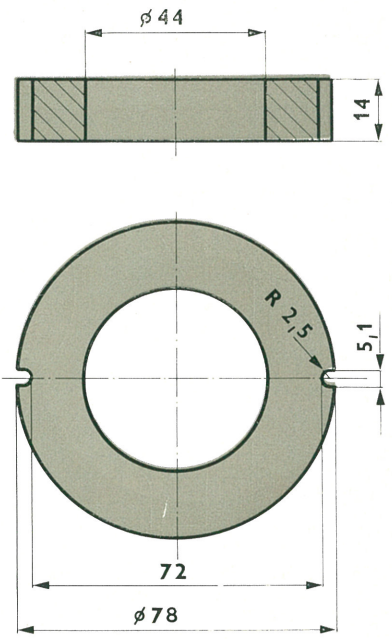
Číslo výrobku JK: **205 582 4 33 003**
Materiál: **D 80**
Magnetování: ⊥ 21 × 12,5

▼

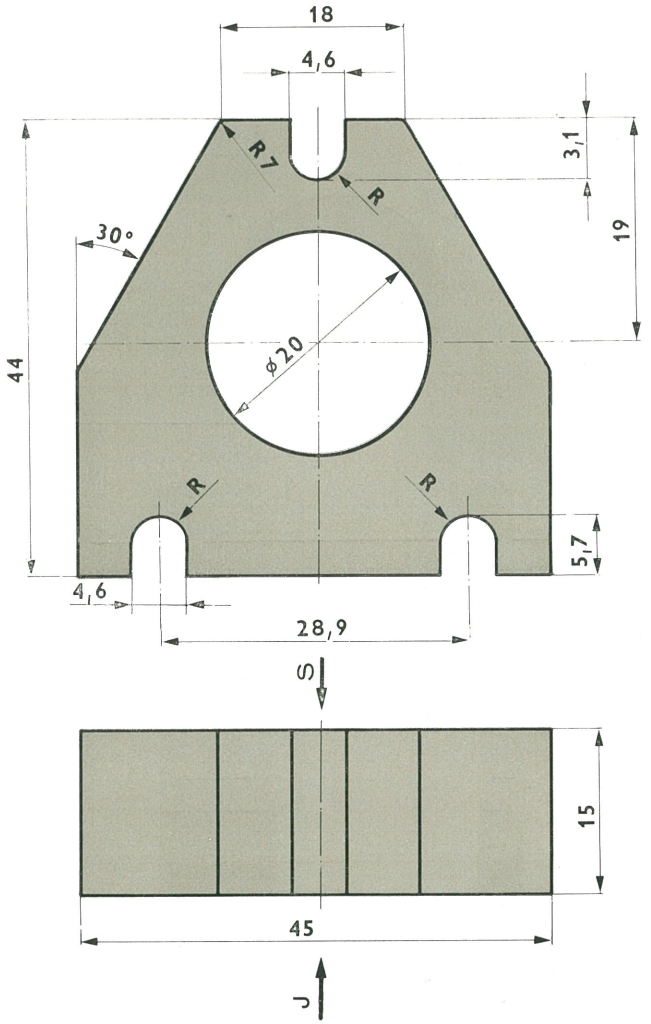




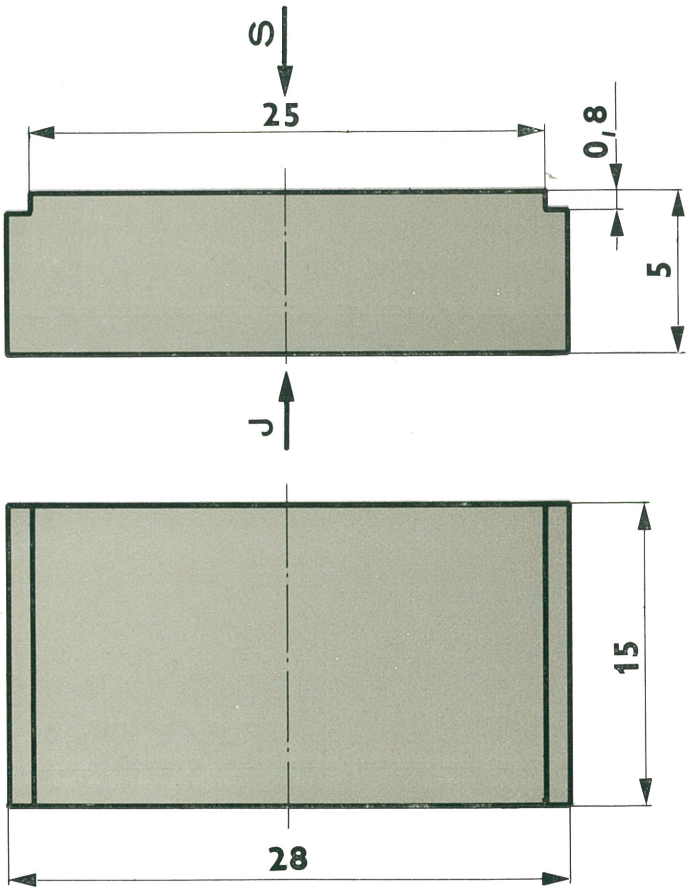
Číslo výrobku JK: **205 582 4 33 006**
Materiál: **D 80**
Magnetování: laterální 2 pól.



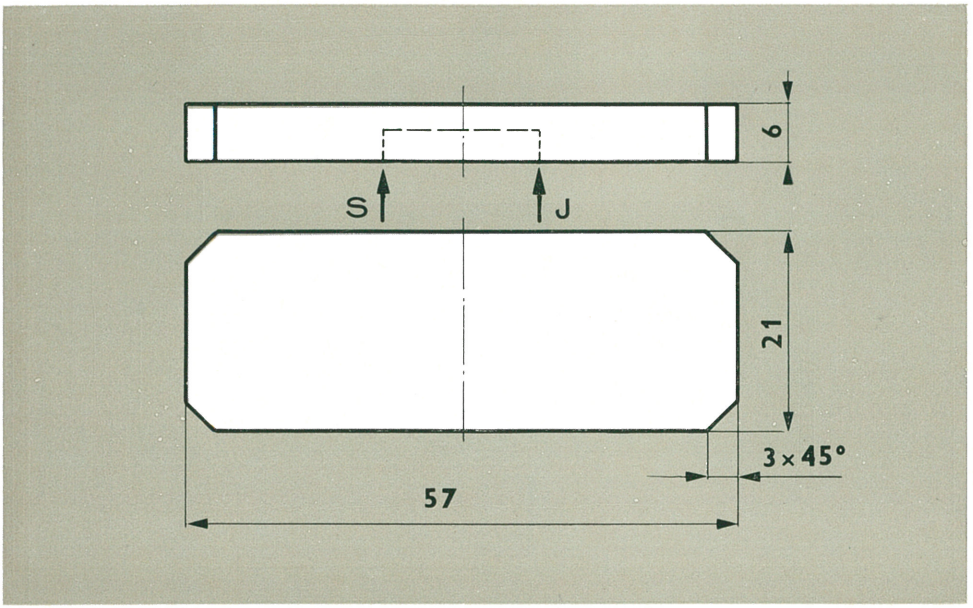
Číslo výrobku JK: **205 582 4 30 010**
Materiál: **D 80**
Magnetování: axiální



Číslo výrobku JK: **205 582 4 33 010**
Materiál: **D 80**
Magnetování: ⊥ 45 × 44

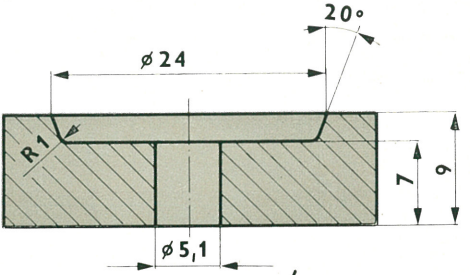


Číslo výrobku JK: **205 582 4 33 011**
Materiál: **D 80**
Magnetování: ⊥ 28 × 15



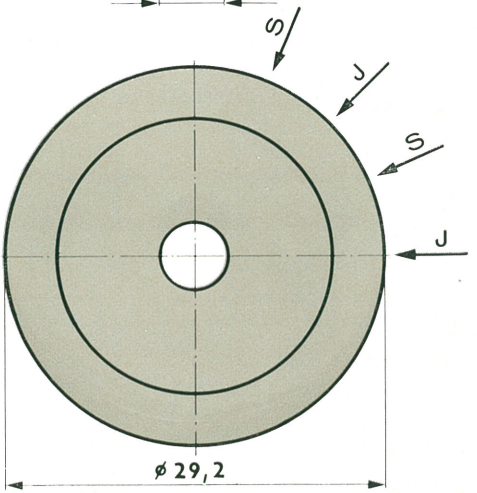
▲

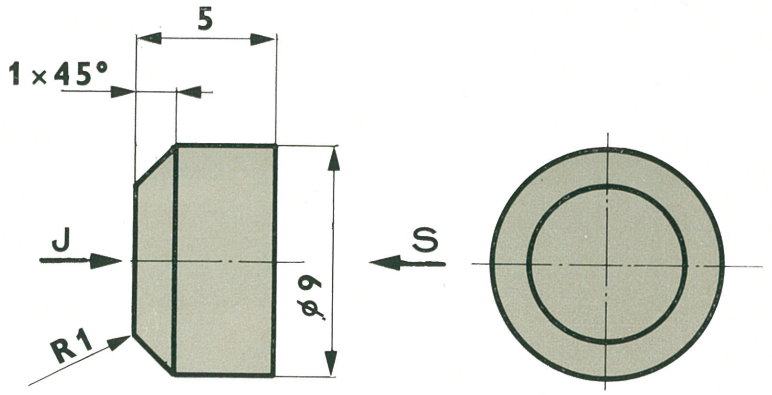
Číslo výrobku JK: **205 582 4 33 014**
Materiál: **D 80**
Magnetování: laterální 2 pól.



▶

Číslo výrobku JK: **205 582 4 33 013**
Materiál: **D 80**
Magnetování: laterální 16 pól. po obvodu



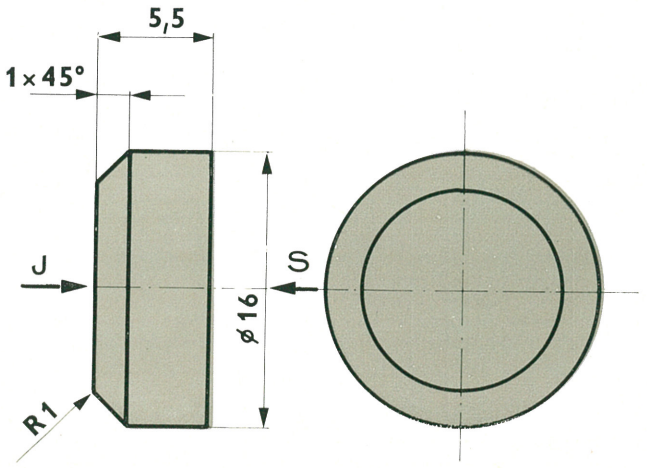


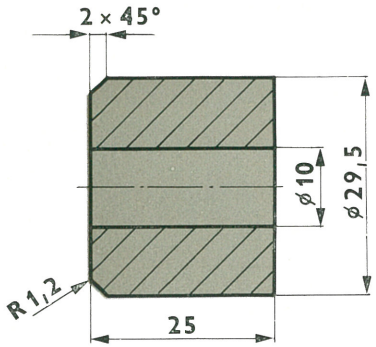
▲

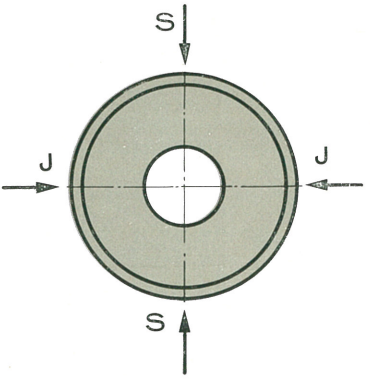
Číslo výrobku JK: **205 582 4 33 018**
Materiál: **D 80**
Magnetování: axiální

Číslo výrobku JK: **205 582 4 33 019**
Materiál: **D 80**
Magnetování: axiální

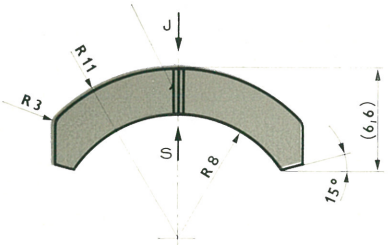
▼

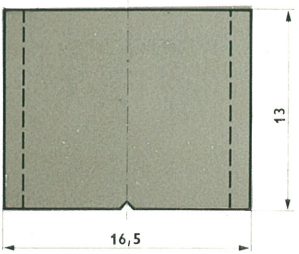






ZNAČENÍ SEVERNÍHO PÓLU



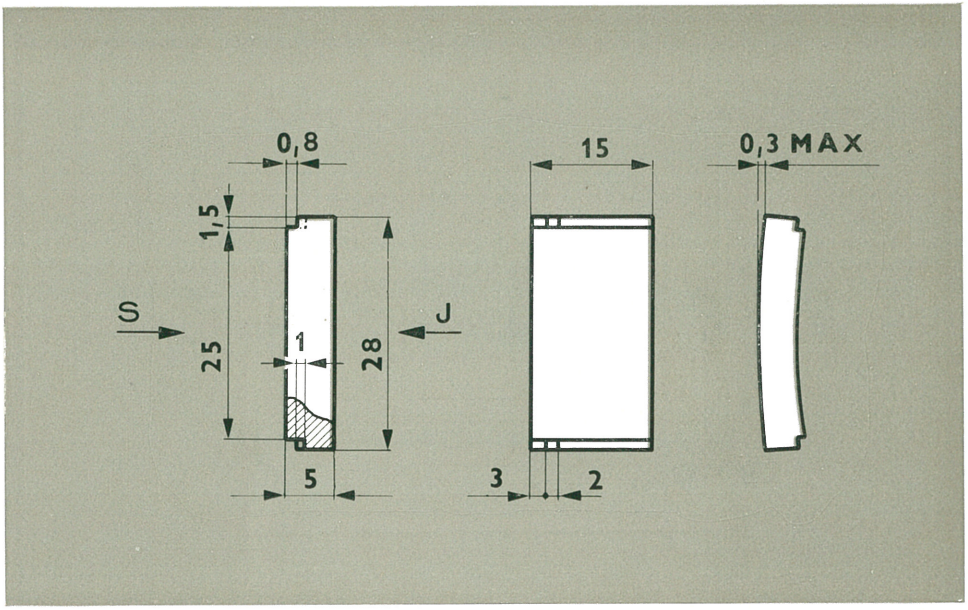


▲

Číslo výrobku JK: **205 582 4 33 021**
Materiál: **D 80**
Magnetování: laterální 4 pól. po obvodu

◀

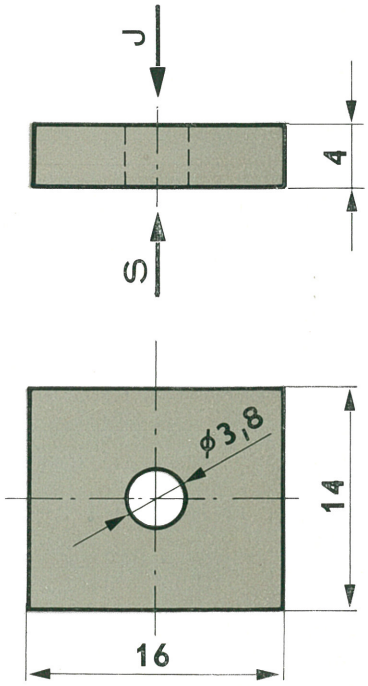
Číslo výrobku JK: **205 582 4 33 027**
Materiál: **D 80**
Magnetování: magnetováno v pólpárech

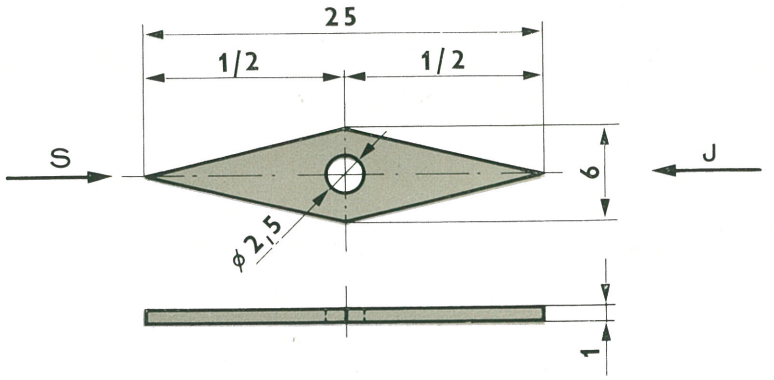


▲

Číslo výrobku JK: **205 582 4 33 022**
Materiál: **D 80**
Magnetování: ⊥ 28 × 15

Číslo výrobku JK: **205 586 4 33 029** ▶
Materiál: **D 100**
Magnetování: ⊥ 16 × 14





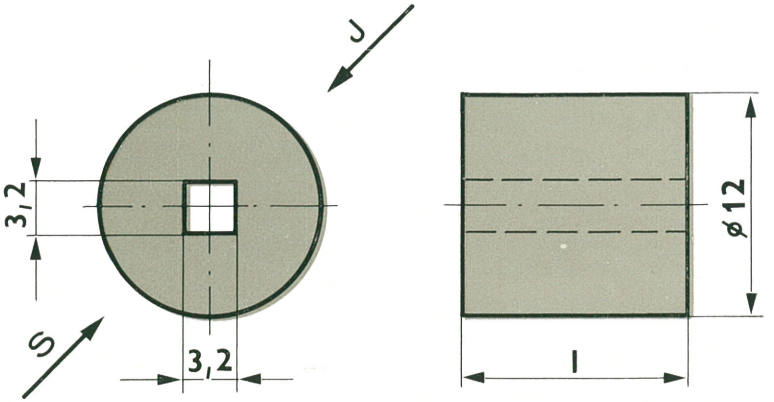
▲

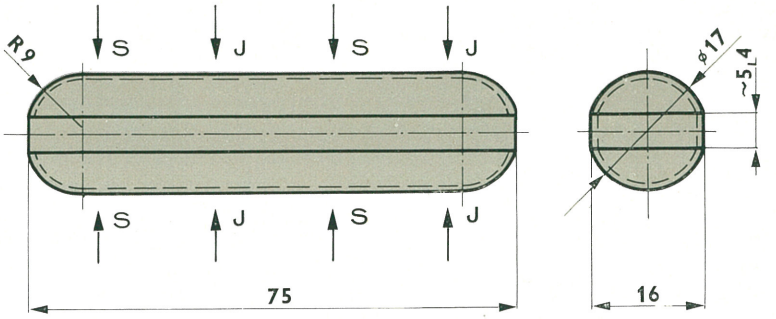
Číslo výrobku JK: **205 582 4 33 033**
Materiál: **D 80**
Magnetování: speciální

Číslo výrobku JK: **205 582 4 33 034**
205 582 4 33 035
Materiál: **D 80**
Magnetování: diametrální

▼

Číslo výrobku JK	rozměr l
205 582 4 33 034	12
205 582 4 33 035	10



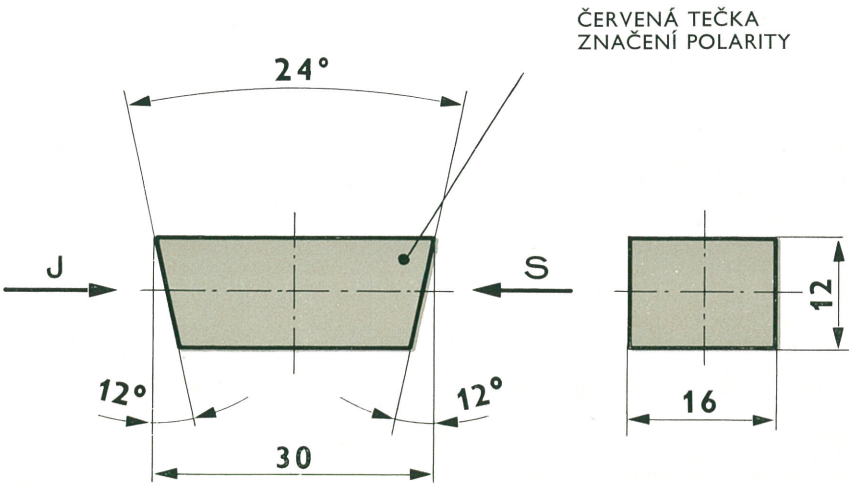


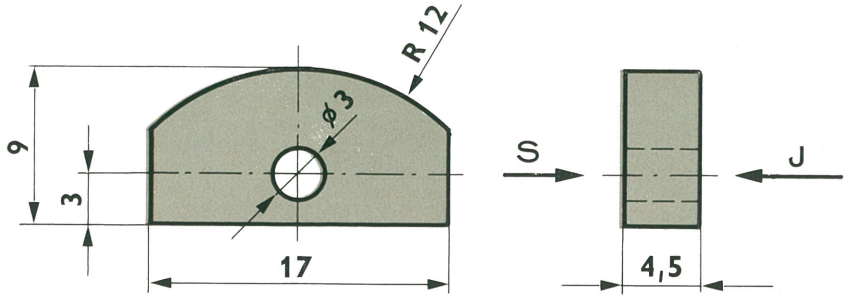
▲

Číslo výrobku JK: **205 582 4 33 038**
Materiál: **D 80**
Magnetování: speciální

Číslo výrobku JK: **205 586 4 33 039**
Materiál: **D 100**
Magnetování: speciální

▼



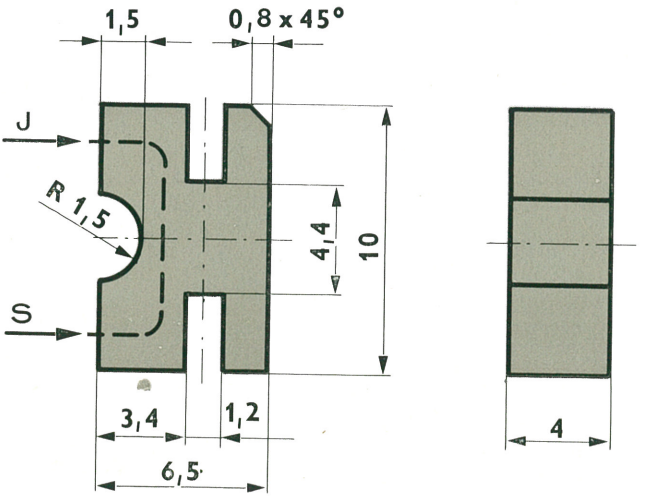


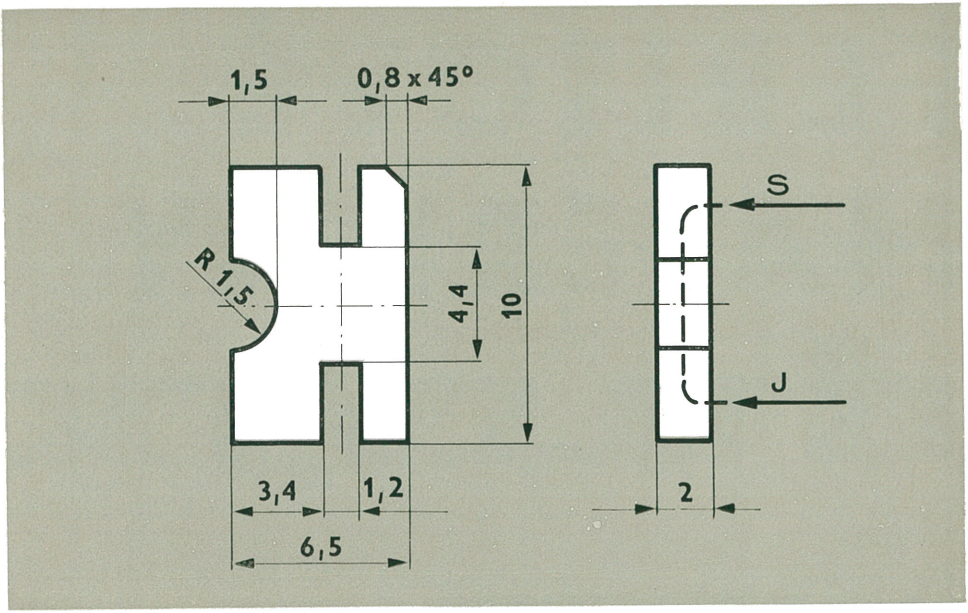
▲

Číslo výrobku JK: **205 582 4 33 040**
Materiál: **D 80**
Magnetování: ⊥ 17 × 9

Číslo výrobku JK: **205 582 4 33 042**
Materiál: **D 80**
Magnetování: speciální
připravuje se do výroby

▼



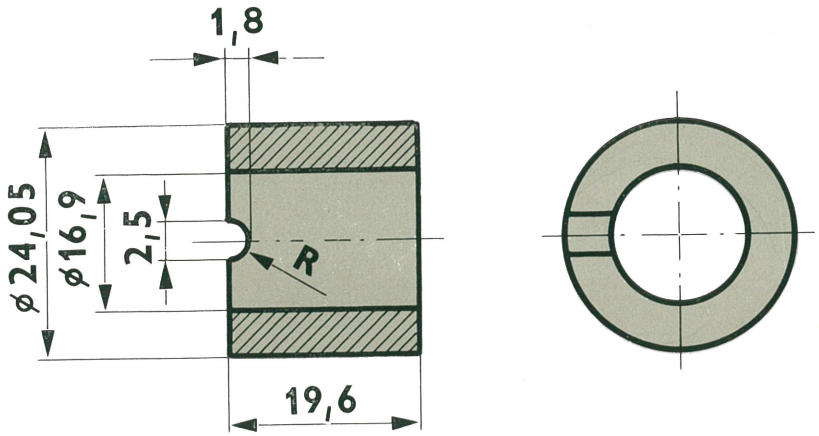


▲

Číslo výrobku JK: **205 582 4 33 043**
připravuje se do výroby
Materiál: **D 80**
Magnetování: speciální

Číslo výrobku JK: **205 582 4 30 044**
Materiál: **D 80**
Magnetování: laterální 2 pól.

▼



FERITOVÉ MATERIÁLY

ducox

VÝROBCE:

Pramet
ZÁVODY PRÁŠKOVÉ METALURGIE · ŠUMPERK

závod SVĚTLÁ HORA, okres Bruntál
793 31 Světlá Hora 1
Telefon: Bruntál 97276
Dálnopis: 66417

EXPORT:

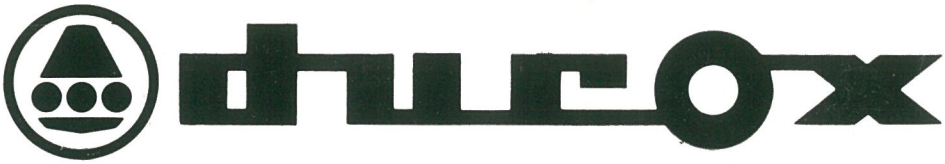
Ferromet

PODNIK ZAHRANIČNÍHO OBCHODU
Opletalova 27
111 81 Praha 1
Telegram: Ferromet Praha
Telefon: 2141
Dálnopis: 121410;121411 Ferromet Praha

III. upravené vydání 1976
Vydal Pramet Šumperk, n. p., Uničovská ul. č. 2
Telefon: 4221—9 — Telegram: Pramet Šumperk — Dálnopis: 06633/1
Zpracovaly obchodně technické služby n. p. Pramet Šumperk
Počet výtisků 2500
Vytiskly Moravské tiskařské závody, n. p., Olomouc, závod 15, Šumperk

Poznámky:

MeO

Fe2O3

ducox